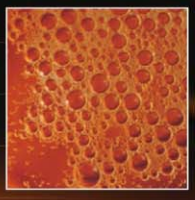
• Budi Utami • Agung Nugroho CS • Lina Mahardiani
• Sri Yamtinah • Bakti Mulyani

BUKU SEKOLAH ELEKTRONIK
bse

KIMIA

Untuk SMA/MA Kelas X







1

PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

KIMIA 1
Untuk SMA/MA Kelas X
• Budi Utami • Agung Nugroho CS • Lina Mahardiani
• Sri Yamtinah • Bakti Mulyani

KIMIA

UNTUK SMA dan MA KELAS X

Penulis:
Budi Utami,
Agung Nugroho Catur Saputro,
Lina Mahardiani,
Sri Yamtinah,
Bakti Mulyani.

Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-undang
Hak cipta buku ini dibeli oleh Departemen Pendidikan Nasional
dari Penerbit CV. HaKa MJ

K I M I A
untuk SMA dan MA Kelas X

Penulis : Budi Utami, Agung Nugroho Catur Saputro, Lina Mahardiani, Sri Yamtinah, Bakti Mulyani.

Editor : Caecilia Citra Dewi

Seting/Lay-out : Tim Seting
Desain Cover : Fascho

540.7
KIM Kimia 1 : Untuk SMA/MA Kelas X / penulis, Budi Utami…[et al] ; editor, Caecilia Citra Dewi ; ilustrator, Tim Redaksi. -- Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
iv, 250 hlm. : ilus ; 25 cm.

Bibliografi : hlm. 238-239
Indeks
ISBN 978-979-068-179-8 (Jilid lengkap)
ISBN 978-979-068-180-4

1. Kimia-Studi dan Pengajaran I. Judul II. Caecilia Citra Dewi III. Budi Utami .

Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional
Tahun 2009
Diperbanyak oleh ...

Kata Sambutan

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun 2008, telah membeli hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis/penerbit untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui situs internet (website) Jaringan Pendidikan Nasional.

Buku teks pelajaran ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan dan telah ditetapkan sebagai buku teks pelajaran yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 27 Tahun 2007 tanggal 25 Juli 2007.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para penulis/penerbit yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para siswa dan guru di seluruh Indonesia.

Buku-buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (down load), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun, untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Diharapkan bahwa buku teks pelajaran ini akan lebih mudah diakses sehingga siswa dan guru di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri dapat memanfaatkan sumber belajar ini.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para siswa kami ucapkan selamat belajar dan manfaatkanlah buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, Februari 2009
Kepala Pusat Perbukuan

Kata Pengantar

Puji syukur atas selesainya penyusunan buku ini. Buku pelajaran kimia ini disusun untuk memenuhi kebutuhan bagi guru dan siswa dalam kegiatan pembelajaran kimia. Sehingga para guru dan siswa mempunyai alternatif penggunaan buku sesuai dengan pilihan dan kualitas yang diperlukan.

Materi dalam buku ini disajikan dengan runtut disertai contoh-contoh dan ilustrasi yang jelas, dengan kalimat yang yang sederhana dan bahasa yang komunikatif. Penjelasan setiap materi disertai dengan gambar, tabel, serta grafik untuk memperjelas konsep yang disajikan.

Dalam menyajikan materi, buku ini dilengkapi dengan percobaan-percobaan sederhana di laboratorium, yang diharapkan akan lebih membantu meningkatkan pemahaman para siswa. Pada akhir setiap konsep juga disajikan uji kompetensi sehingga para siswa dapat lebih memahami konsep yang dipelajari.

Akhirnya, penulis berharap buku ini akan dapat memberikan sumbangan bagi proses pembelajaran kimia. Penulis menyadari bahwa tak ada gading yang tak retak, maka kritik dan saran demi perbaikan buku ini senantiasa penulis harap dan nantikan.

Surakarta, Juni 2007

Penulis



Petunjuk Pemakaian Buku

- Buku ini terdiri dari 6 bab, setiap bab memuat:
 judul bab,
 tujuan pembelajaran,
 kata kunci,
 peta konsep,
 subbab,
 contoh soal,
 latihan,
 rangkuman, dan
 uji kompetensi.
- Di tengah dan akhir tahun diberikan ujian semester.
- Pada halaman akhir diberikan glosarium, indeks buku, dan daftar pustaka, sebagai alat bantu dan pelengkap buku.



Diunduh dari BSE.Mahoni.com

Daftar Isi

Kata Sambutan ____ iii
Kata Pengantar ____ iv
Petunjuk Pemakaian Buku ____ v
Daftar Isi ____ vi

Bab 1 Struktur Atom dan Sistem Periodik Unsur ____ 1
1.1 Struktur Atom 4
A. Perkembangan Pemahaman Mengenai Struktur Atom 4
B. Partikel Dasar 10
C. Isotop, Isobar, dan Isoton 16
Rangkuman 17
Uji Kompetensi 1 18
1.2 Sistem Periodik Unsur 23
A. Perkembangan Sistem Periodik Unsur 23
Rangkuman 36
Uji Kompetensi 2 37

Bab 2 Ikatan Kimia ____ 43
2.1 Konfigurasi Elektron Gas Mulia 45
2.2 Ikatan Ion 46
2.3 Ikatan Kovalen 49
A. Ikatan Kovalen Koordinasi 51
B. Polarisasi Ikatan Kovalen 51
2.4 Pengecualian dan Kegagalan Aturan Oktet 52
A. Pengecualian Aturan Oktet 53
B. Kegagalan Aturan Oktet 53
2.5 Ikatan Logam 54
Rangkuman 55
Uji Kompetensi 56

Bab 3 Stoikiometri ____ 61
3.1 Tata Nama Senyawa Sederhana 63
A. Tata Nama Senyawa Molekul (Kovalen) Biner 64
B. Tata Nama Senyawa Ion 65
C. Tata Nama Senyawa Terner 68
3.2 Persamaan Reaksi 72
A. Menulis Persamaan Reaksi 72
B. Penyetaraan Persamaan Reaksi 74
3.3 Hukum-hukum Dasar Kimia 80
A. Hukum Kekekalan Massa (Hukum Lavoisier) 80
B. Hukum Perbandingan Tetap (Hukum Proust) 82
C. Hukum Kelipatan Perbandingan (Hukum Dalton) 86
D. Hukum Perbandingan Volume (Hukum Gay Lussac) 87
E. Hipotesis Avogadro 90
3.4 Konsep Mol 97
A. Hubungan Mol (*n*) dengan Jumlah Partikel (*X*) 98
B. Massa Molar 99
C. Volume Molar Gas 102
D. Molaritas Larutan 106
3.5 Stoikiometri Senyawa 109
A. Komposisi Zat 109
B. Komposisi Zat Secara Teoritis 110
C. Menentukan Rumus Kimia Zat 112
3.6 Stoikiometri Reaksi 115
A. Arti Koefisien Reaksi 115
B. Pereaksi Pembatas 118
C. Menentukan Rumus Kimia Hidrat 121
Rangkuman 124
Uji Kompetensi 125

Latihan Ulangan Umum Semester 1 ____ 137

Bab 4 Larutan Elektrolit-Nonelektrolit dan Konsep Redoks ____ 143
4.1 Larutan Elektrolit dan Non-elektrolit 145
A. Penggolongan Larutan Berdasarkan Daya Hantar Listrik 145
B. Teori Ion Svante August Arrhenius 148
C. Elektrolit Kuat dan Elektrolit Lemah 149
D. Reaksi Ionisasi Larutan Elektrolit 150
E. Senyawa Ionik dan Senyawa Kovalen Polar 151
4.2 Konsep Reaksi Oksidasi-Reduksi (Redoks) 154
A. Perkembangan Konsep Reaksi Reduksi-Oksidasi 154
B. Bilangan Oksidasi 156
C. Reaksi Autoredoks (Reaksi Disproporsionasi) 159
D. Tata Nama Senyawa Berdasar-kan Bilangan Oksidasi 160
E. Penerapan Konsep Reaksi Redoks dalam Pengolahan Limbah (Lumpur Aktif) 160
Rangkuman 163
Uji Kompetensi 164

Bab 5 Hidrokarbon ____ 169
5.1 Senyawa Karbon 171
A. Menguji Keberadaan Unsur-unsur C, H, dan O dalam Senyawa Karbon 172
B. Keunikan Atom Karbon 173
C. Isomer 174
5.2 Senyawa Hidrokarbon 174
A Penggolongan Hidrokarbon 176
B. Tata Nama Senyawa Hidrokarbon 177
5.3 Penggunaan Senyawa Hidrokarbon dalam Kehidupan Sehari-hari 193
A. Bidang Pangan 193
B. Bidang Sandang 194
C. Bidang Papan 195
D. Bidang Perdagangan 195
E. Bidang Seni dan Estetika 195
Rangkuman 199
Uji Kompetensi 199

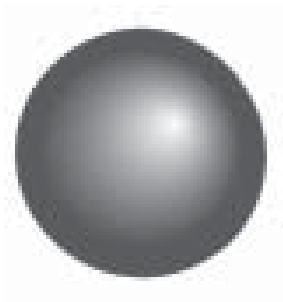
Bab 6 Minyak Bumi dan Gas Alam ____ 205
6.1 Pembentukan Minyak Bumi dan Gas Alam 206
6.2 Komponen-komponen Minyak Bumi dan Teknik Pemisahan Fraksi Minyak Bumi 203
6.3 Teknik Pengolahan Minyak Bumi 208
A. Desalting 209
B. Distilasi 209
6.4 Bensin 211
A. Kualitas Bensin 211
B. Penggunaan Residu dalam Industri Petrokimia 212
C. Dampak Pembakaran Bahan Bakar terhadap Lingkungan 214
Rangkuman 221
Uji Kompetensi 222

Latihan Ulangan Umum Semester 2 ____ 225
Glosarium ____ 231
Indeks ____ 235
Indeks Penulis ____ 237
Daftar Pustaka ____ 238
Lampiran ____ 240
Kunci ____ 243



BAB 1

Struktur Atom dan Sistem Periodik Unsur



Tujuan Pembelajaran:

Setelah mempelajari bab ini, Anda diharapkan mampu:

1. Menjelaskan perkembangan teori atom dari teori atom Dalton sampai mekanika kuantum.
2. Menuliskan konfigurasi elektron suatu atom.
3. Menyebutkan jenis-jenis partikel dasar penyusun atom.
4. Menjelaskan struktur atom.
5. Menentukan jumlah proton, neutron, dan elektron suatu atom atau ion.
6. Menentukan jumlah nomor atom dan massa atom suatu atom jika diketahui jumlah proton, neutron, dan elektron.
7. Menjelaskan proses penemuan partikel-partikel dasar penyusun atom.
8. Menjelaskan pengertian isotop, isobar, dan isoton.
9. Memberikan contoh isotop, isobar, dan isoton.
10. Menjelaskan perkembangan sistem periodik unsur dari sistem triad sampai sistem periodik unsur modern.
11. Membedakan dasar-dasar penyusunan setiap sistem periodik unsur.
12. Menjelaskan pengertian periode dan golongan dalam sistem periodik unsur.
13. Menentukan elektron valensi, jumlah kulit atom, nomor periode, dan nomor golongan suatu unsur dalam sistem periodik unsur.
14. Menjelaskan pengertian jari-jari atom, energi ionisasi, elektronegatifitas, afinitas elektron.
15. Menjelaskan kecenderungan jari-jari atom, energi ionisasi, elektronegatifitas, afinitas elektron, sifat logam, titik didih, dan titik leleh suatu unsur dalam satu periode dan satu golongan.

Kata Kunci

Atom, model atom Dalton, Rutherford, proton, elektron, lambang unsur, isotop, isobar, triade, hukum oktaf, Mendeleev, periode, golongan, jari-jari atom, energi ionisasi, dan afinitas elektron.

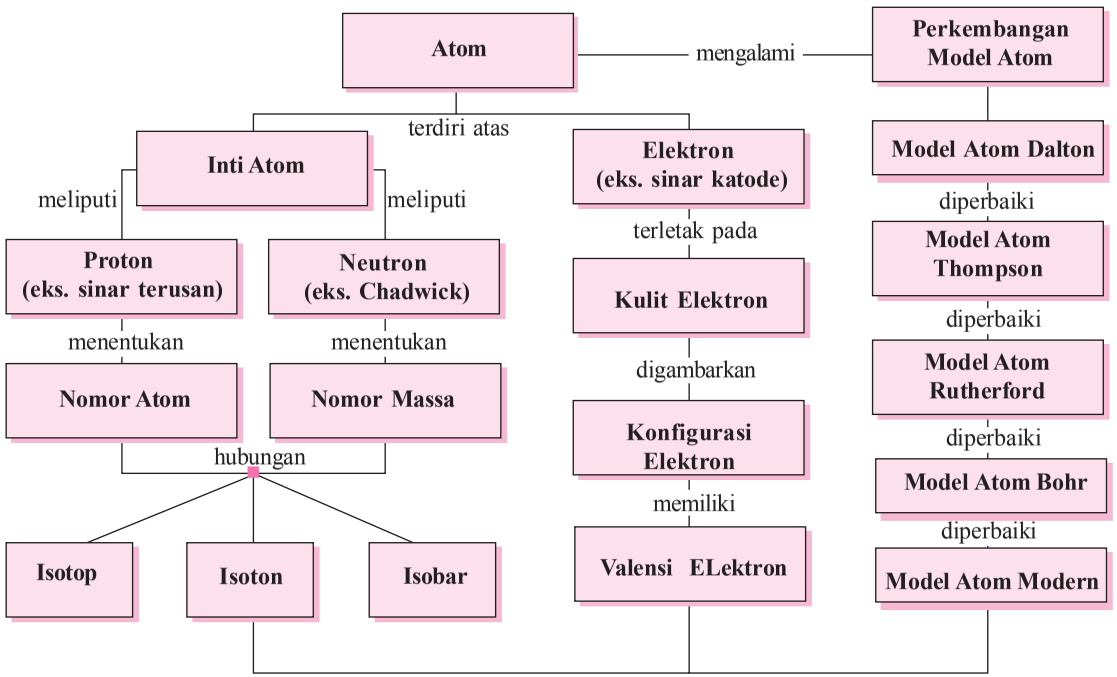
Pengantar

Pernahkah Anda berpikir bagaimana seandainya sepotong besi dipotong menjadi dua, kemudian setiap bagian dipotong lagi menjadi dua, kemudian setiap bagian yang kecil dipotong menjadi dua lagi, dan seterusnya sampai bentuk yang terkecil. Kira-kira apa yang akan Anda peroleh? Pernahkah juga Anda berpikir hamparan pasir di pantai yang dari kejauhan tampak seperti hamparan permadani, tetapi ketika didekati dan dipegang ternyata hanya butiran-butiran kecil. Nah, seperti itulah juga semua zat yang ada di dunia ini yang juga tersusun atas partikel-partikel paling kecil yang menyusun zat yang lebih besar. Partikel terkecil yang menyusun setiap zat di dunia ini oleh para ilmuwan dikenal dengan sebutan *atom*.

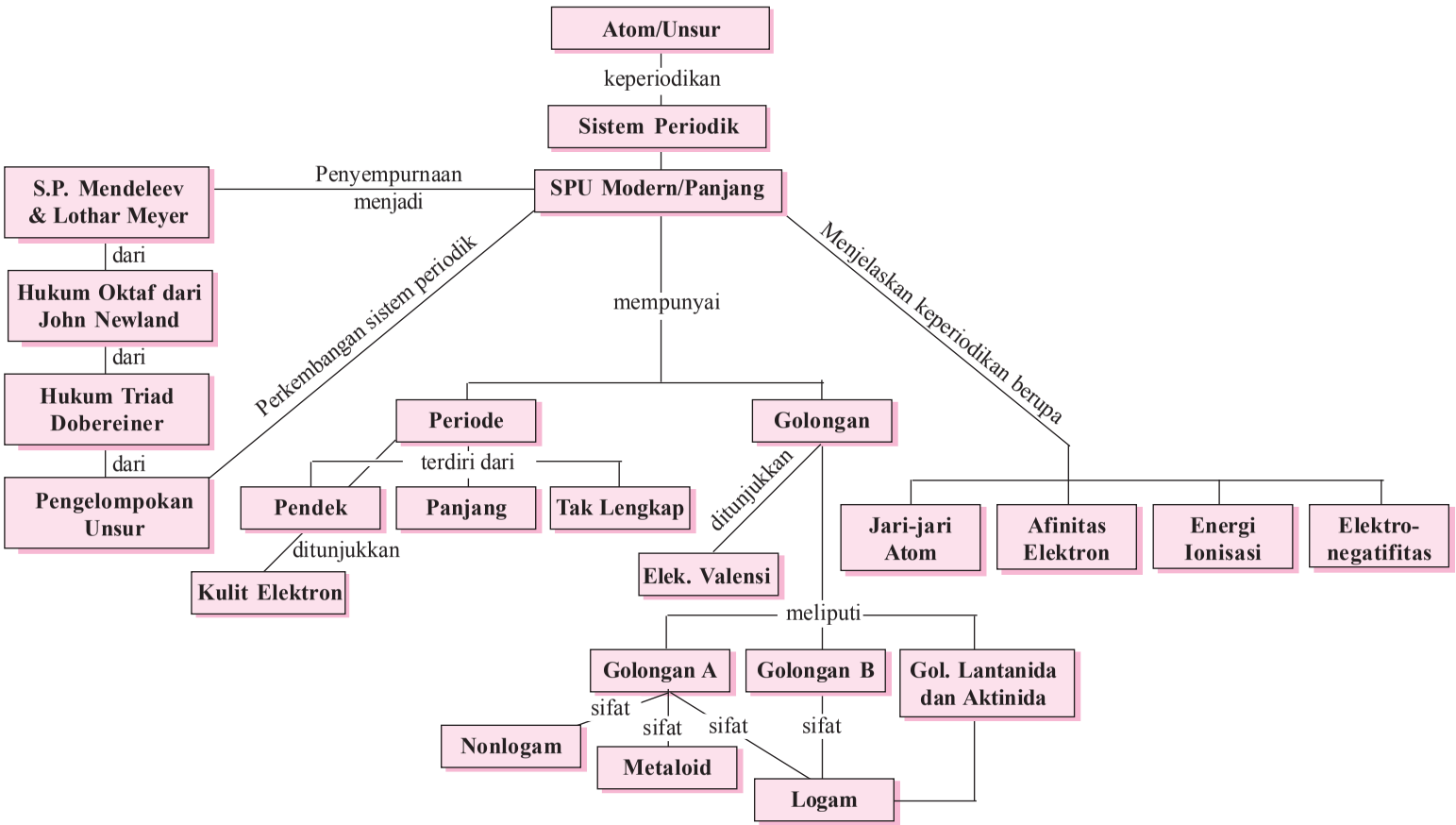
Untuk mengawali pelajaran kimia di kelas X ini, Anda akan mempelajari tentang struktur atom, bagaimana bentuk atom itu, apa saja partikel penyusun atom, berapa banyak atom di dunia ini, bagaimana upaya para ahli untuk mengelompokkan atom-atom tersebut agar mudah dipelajari, dan lain-lain. Selamat memasuki dunia ilmu kimia yang penuh dengan keajaiban dan keindahan serta penuh pelajaran untuk kemaslahatan hidup di dunia.

Peta Konsep

A. Struktur Atom



B. Sistem Periodik Unsur



1.1 Struktur Atom

A. Perkembangan Pemahaman Mengenai Struktur Atom

Setiap materi di alam semesta ini tersusun atas partikel-partikel yang sangat kecil yang oleh para ahli dikenal dengan nama *atom*. Sejak dahulu kala pertama manusia berpikir tentang zat penyusun setiap materi, kemudian dirumuskannya teori atom dan sampai sekarang di zaman yang serba canggih ini, keberadaan atom sudah diterima semua orang, tetapi bagaimana bentuk sebenarnya atom tersebut serta penyusunnya belum diketahui secara pasti. Para ahli hanya mereka-reka berdasarkan pengamatan di laboratorium terhadap gejala yang ditimbulkan jika suatu materi diberi perlakukan tertentu. Dari pengamatan gejala-gejala tersebut para ahli kemudian membuat teori tentang atom dan memperkirakan bentuk atom tersebut yang dikenal dengan sebutan *model atom*. Model-model atom yang diusulkan oleh para ahli mengalami per-kembangan sampai sekarang dan akan terus berkembang seiring dengan semakin canggihnya instrumen laboratorium yang ditopang oleh kemajuan iptek yang luar biasa.

1. Model Atom Dalton

Tahukah Anda bahwa di dunia ilmu kimia ini patut dikenang satu nama sebagai pencetus teori atom modern yang asli. Dia adalah seorang guru dan ahli kimia ber-kebangsaan Inggris bernama **John Dalton** (1776 – 1844). Sumbangan Dalton merupakan keunikan dari teorinya yang meliputi dua hal:



Gambar 1.1 John Dalton (1766 – 1844) adalah ilmuwan Inggris. Sumber: Microsoft Encarta Library 2005.

a. Dia adalah orang pertama yang melibatkan kejadian kimiawi seperti halnya kejadian fisis dalam merumuskan gagasannya ten-tang atom.
b. Dia mendasarkan asumsinya pada data kuantitatif, tidak menggunakan pengamatan kualitatif atau untung-untungan.

Teori atom Dalton dikemukakan berdasarkan dua hukum, yaitu *hukum kekekalan massa* dan *hukum perbandingan tetap*. Teori atom Dalton dikembangkan selama periode 1803-1808 dan didasarkan atas tiga asumsi pokok, yaitu:

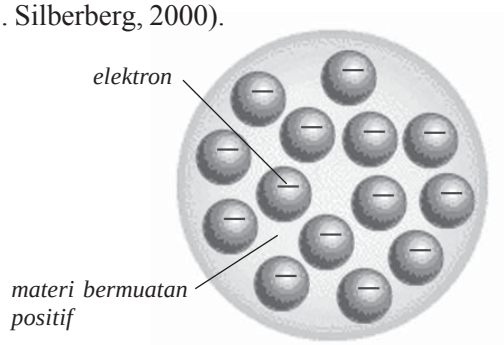
a. Setiap unsur kimia tersusun oleh partikel-partikel kecil yang tidak dapat dihancurkan dan dipisahkan yang disebut *atom*. Selama mengalami perubahan kimia, atom tidak bisa diciptakan dan dimusnahkan.
b. Semua atom dari suatu unsur mempunyai massa dan sifat yang sama, tetapi atom-atom dari suatu unsur berbeda dengan atom-atom dari unsur yang lain, baik massa maupun sifat-sifatnya yang berlainan.
c. Dalam senyawa kimiawi, atom-atom dari unsur yang berlainan melakukan ikatan dengan perbandingan angka sederhana.

2. Model Atom Thompson

Pada tahun 1897 **J. J. Thompson** menemukan elektron. Berdasarkan penemuannya tersebut, kemudian Thompson mengajukan teori atom baru yang dikenal dengan sebutan model atom Thompson. Model atom Thompson dianalogkan seperti sebuah roti kismis, di mana atom terdiri atas materi bermuatan positif dan di dalamnya tersebar elektron bagaikan kismis dalam roti kismis. Karena muatan positif dan negatif bercampur jadi satu dengan jumlah yang sama, maka secara keseluruhan atom menurut Thompson bersifat netral (Martin S. Silberberg, 2000).



Gambar 1.2 J. J. Thompson (1856-1909) Sumber: Microsoft Encarta Library 2005.



Gambar 1.3 Model Atom Thompson

3. Model Atom Rutherford

Antoine **Henri Becquerel** (1852-1908), seorang ilmuwan dari Perancis pada tahun 1896 menemukan bahwa uranium dan senyawa-senyawanya secara spontan memancarkan partikel-partikel. Partikel yang dipancarkan itu ada yang bermuatan listrik dan memiliki sifat yang sama dengan sinar katode atau elektron.

Unsur-unsur yang memancarkan sinar itu disebut *unsur radioaktif*, dan sinar yang dipancarkan juga dinamai *sinar radioaktif*. Ada tiga macam sinar radioaktif, yaitu:

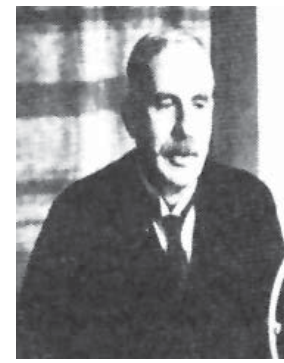
a. sinar alfa (α), yang bermuatan positif
b. sinar beta (β), yang bermuatan negatif
c. sinar gama(γ), yang tidak bermuatan

Sinar alfa dan beta merupakan radiasi partikel. Setiap partikel sinar alfa bermuatan +2 dengan massa 4 sma, sedangkan partikel sinar beta sama dengan elektron, bermuatan –1 dan massa $\frac{1}{1.840}$ sma (dianggap sama dengan nol). Adapun sinar gama adalah radiasi elektromagnet, tidak bermassa, dan tidak bermuatan.

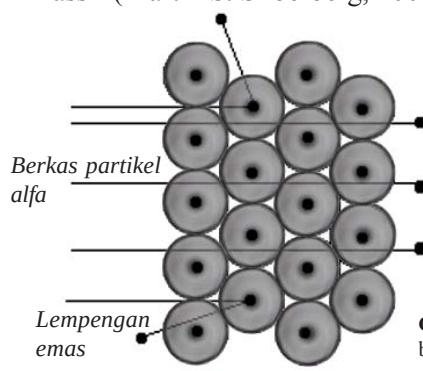
Pada tahun 1908, **Hans Geiger** dan **Ernest Marsden** yang bekerja di laboratorium Rutherford melakukan eksperimen dengan menembakkan sinar alfa (sinar bermuatan positif) pada pelat emas yang sangat tipis. Sebagian besar sinar alfa itu berjalan lurus tanpa gangguan, tetapi sebagian kecil dibelokkan dengan sudut yang cukup besar, bahkan ada juga yang dipantulkan kembali ke arah sumber sinar.

Dari hasil percobaan kedua asistennya itu, Ernest Rutherford menafsirkan sebagai berikut.

a. Sebagian besar partikel sinar alfa dapat menembus pelat karena melalui daerah hampa.
b. Partikel alfa yang mendekati inti atom dibelokkan karena mengalami gaya tolak inti.
c. Partikel alfa yang menuju inti atom dipantulkan karena inti bermuatan positif dan sangat massif (Martin S. Silberberg, 2000).



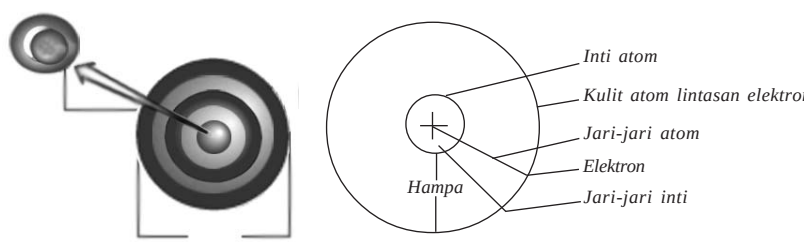
Gambar 1.5 Rutherford (1871 – 1937). Sumber: "Chemistry and Chemical Reactivity", Kotz and Purcell 1987, CBS college Publishing New York.



Gambar 1.4 Percobaan Rutherford menembakkan sinar alfa pada lempengan emas tipis.

Beberapa tahun kemudian, yaitu tahun 1911, Ernest Rutherford mengungkapkan teori atom modern yang dikenal sebagai *model atom Rutherford*.

a. Atom tersusun dari:
 1) Inti atom yang bermuatan positif.
 2) Elektron-elektron yang bermuatan negatif dan mengelilingi inti.
b. Semua proton terkumpul dalam inti atom, dan menyebabkan inti atom bermuatan positif.
c. Sebagian besar volume atom merupakan ruang kosong. Hampir semua massa atom terpusat pada inti atom yang sangat kecil. Jari-jari atom sekitar 10^{-10} m, sedangkan jari-jari inti atom sekitar 10^{-15} m.



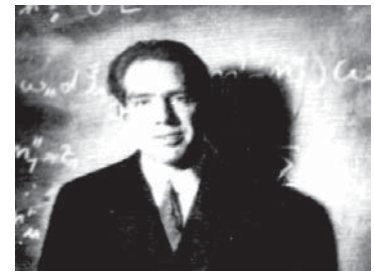
Gambar 1.6 Model atom Rutherford

d. Jumlah proton dalam inti sama dengan jumlah elektron yang mengelilingi inti, sedangkan atom bersifat netral.

4. Model Atom Niels Bohr

Dilihat dari kandungan energi elektron, ternyata model atom Rutherford mempunyai kelemahan. Ketika elektron-elektron mengelilingi inti atom, mereka mengalami percepatan terus-menerus, sehingga elektron harus membebaskan energi. Lama kelamaan energi yang dimiliki oleh elektron makin berkurang dan elektron akan tertarik makin dekat ke arah inti, sehingga akhirnya jatuh ke dalam inti. Tetapi pada kenyataannya, seluruh elektron dalam atom tidak pernah jatuh ke inti. Jadi, model atom Rutherford harus disempurnakan.

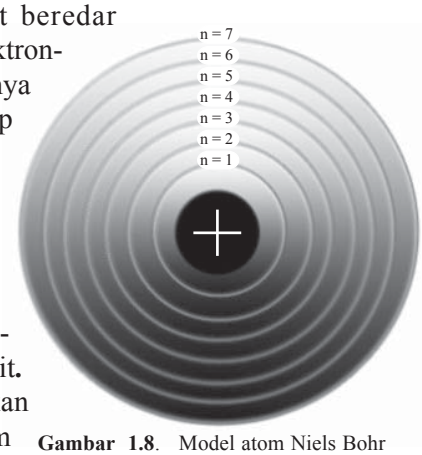
Dua tahun berikutnya, yaitu pada tahun 1913, seorang ilmuwan dari Denmark yang bernama **Niels Henrik David Bohr** (1885-1962) menyempurnakan model atom Rutherford. Model atom yang diajukan Bohr dikenal sebagai model atom Rutherford-Bohr, yang dapat diterangkan sebagai berikut.



Gambar 1.7 Niels Bohr (1885-1962) Sumber: Buku "Chemistry and Chemical Reactivity", Kotz and Purcell 1987, CBS College Publishing New York.

a. Elektron-elektron dalam atom hanya dapat melintasi lintasan-lintasan tertentu yang disebut *kulit-kulit* atau *tingkat-tingkat energi*, yaitu lintasan di mana elektron berada pada keadaan stationer, artinya tidak memancarkan energi.
b. Kedudukan elektron dalam kulit-kulit, tingkat-tingkat energi dapat disamakan dengan kedudukan seseorang yang berada pada anak-anak tangga. Seseorang hanya dapat berada pada anak tangga pertama, kedua, ketiga, dan seterusnya, tetapi ia tidak mungkin berada di antara anak tangga-anak tangga tersebut.

Model atom Bohr tersebut dapat dianalogkan seperti sebuah tata surya mini. Pada tata surya, planet-planet beredar mengelilingi matahari. Pada atom, elektron-elektron beredar mengelilingi atom, hanya bedanya pada sistem tata surya, setiap lintasan (orbit) hanya ditempati 1 planet, sedangkan pada atom setiap lintasan (kulit) dapat ditempati lebih dari 1 elektron.



Gambar 1.8. Model atom Niels Bohr

Dalam model atom Bohr ini dikenal istilah *konfigurasi elektron,* yaitu susunan elektron pada masing-masing kulit**.** Data yang digunakan untuk menuliskan konfigurasi elektron adalah nomor atom

suatu unsur, di mana nomor atom unsur menyatakan jumlah elektron dalam atom unsur tersebut. Sedangkan elektron pada kulit terluar dikenal dengan sebutan *elektron valensi*. Susunan elektron valensi sangat menentukan sifat-sifat kimia suatu atom dan berperan penting dalam membentuk ikatan dengan atom lain.

Untuk menentukan konfigurasi elektron suatu unsur, ada beberapa patokan yang harus selalu diingat, yaitu:

a. Dimulai dari lintasan yang terdekat dengan inti, masing-masing lintasan disebut kulit ke-1 (kulit K), kulit ke-2 (kulit L), kulit ke-3 (kulit M), kulit ke-4 (kulit N), dan seterusnya.

b. Jumlah elektron maksimum (paling banyak) yang dapat menempati masing-masing kulit adalah:

$$2\ n^2$$

dengan n = nomor kulit

Kulit K dapat menampung maksimal 2 elektron.
Kulit L dapat menampung maksimal 8 elektron.
Kulit M dapat menampung maksimal 18 elektron, dan seterusnya.

c. Kulit yang paling luar hanya boleh mengandung maksimal 8 elektron.

Contoh 1.1

Tulislah konfigurasi elektron dari unsur-unsur berikut.

a. Helium dengan nomor atom 2
b. Nitrogen dengan nomor atom 7
c. Oksigen dengan nomor atom 8
d. Kalsium dengan nomor atom 20
e. Bromin dengan nomor atom 35

Jawab:

Unsur	Nomor Atom	Konfigurasi Elektron pada Kulit				Elektron Valensi
		K	L	M	N	
Helium	2	2				2
Nitrogen	7	2	5			5
Oksigen	8	2	6			6
Kalsium	20	2	8	8	2	2
Bromin	35	2	8	18	7	7

Tugas Individu

1. Jelaskan kelemahan model atom Rutherford!
2. Bagaimana Niels Bohr mengatasi kelemahan model atom Rutherford?
3. Dewasa ini model atom yang diterima para ahli adalah model atom mekanika kuantum. Apakah model atom mekanika kuantum ini sudah sempurna? Masih mungkinkah ada model atom yang lebih sempurna?

Latihan 1.1

1. Salin dan lengkapilah daftar berikut dengan jawaban singkat!

Teori Atom	Dasar	Isi	Kelemahan
Dalton			
Thompson			
Rutherford			
Niels Bohr			

2. Tulislah konfigurasi elektron, dan tentukan elektron valensi dari unsur-unsur berikut!

Unsur	Nomor Atom	Konfigurasi Elektron					Elektron Valensi
		K	L	M	N	O	
Natrium	11						
Litium	3						
Kalium	19						
Belerang	16						
Argon	18						
Arsen	33						
Kripton	36						
Barium	56						
Bismut	83						
Fransium	87						

B. Partikel Dasar

1. Sifat-sifat Partikel Dasar

Walaupun pada awalnya atom diartikan sebagai partikel terkecil yang tidak dapat dibagi lagi, tetapi dalam perkembangannya ternyata ditemukan bahwa atom tersusun atas tiga jenis partikel sub-atom (partikel dasar), yaitu proton, elektron, dan neutron.

Massa partikel dasar dinyatakan dalam satuan massa atom (sma), di mana 1 sma = $1{,}66 \times 10^{-24}$ gram. Sedangkan muatan partikel dasar dinyatakan sebagai muatan relatif terhadap muatan elektron (e), di mana muatan 1 elektron = e = $-1{,}60 \times 10^{-19}$ coloumb.

Muatan 1 proton sama dengan muatan 1 elektron, tetapi tandanya berbeda. Massa 1 proton sama dengan massa 1 neutron, masing-masing 1 sma. Massa elektron lebih kecil daripada massa proton atau neutron.

2. Susunan Atom

Henry Gwyn-Jeffreys Moseley (1887 – 1915) pada tahun 1913 menemukan bahwa jumlah muatan positif dalam inti atom merupakan sifat khas masing-masing unsur. Atom-atom dari unsur yang sama memiliki jumlah muatan positif yang sama. Moseley kemudian mengusulkan agar istilah nomor atom diberi lambang *Z*, untuk menyebutkan jumlah muatan positif dalam inti atom.

Nomor atom unsur menunjukkan jumlah proton dalam inti. Setelah dilakukan percobaan, diketahui bahwa atom tidak bermuatan listrik yang berarti dalam atom jumlah muatan positif sama dengan jumlah muatan negatif, sehingga nomor atom juga menunjukkan jumlah elektron dalam unsur.

Nomor atom (*Z*) = jumlah proton
= jumlah elektron

Misalnya, unsur oksigen memiliki nomor atom 8 (*Z* = 8), berarti dalam atom oksigen terdapat 8 proton dan 8 elektron.

Selain nomor atom, ada juga yang disebut dengan nomor massa yang biasanya diberi lambang *A*. Nomor massa ini digunakan untuk menentukan jumlah nukleon dalam atom suatu unsur. *Nukleon* sendiri adalah partikel penyusun inti atom yang terdiri dari proton dan neutron.

A(nomor massa) = jumlah proton (p) + jumlah neutron (n)

Dalam penulisan atom, nomor massa (*A*) ditulis di sebelah kiri atas, sedangkan nomor atom (*Z*) ditulis di sebelah kiri bawah dari lambang unsur.

$$ {}^{A}_{Z}X = {}^{p+n}_{p}X $$

Keterangan: *X* = lambang unsur
A = nomor massa
Z = nomor atom

Untuk ion (atom bermuatan positif atau negatif) maka notasi ion, jumlah proton, neutron, dan elektron adalah:

Notasi	Ion Positif $_{Z}^{A}X^{q+}$	Ion Negatif $_{Z}^{A}X^{r-}$
Jumlah proton (p) Jumlah neutron (n) Jumlah elektron (e)	p = Z n = $A - Z$ e = p – q	p = Z n = $A - Z$ e = p + r

Catatan

- Untuk atom netral, jumlah proton sama dengan jumlah elektron.
- Untuk ion positif, jumlah proton (muatan positif) lebih banyak daripada elektron (muatan negatif).
- Untuk ion negatif, jumlah elektron (muatan negatif) lebih banyak daripada proton (muatan positif).

Contoh:

a. $^{12}_{6}C$ mempunyai jumlah proton, neutron, dan elektron sebagai berikut.
p = Z = 6
n = $A - Z$ = 12 – 6 = 6
Karena atom netral (tak bermuatan) maka e = p = 6.

b. Pada ion $^{19}_{9}F^{-}$ mempunyai jumlah proton, neutron, dan elektron sebagai berikut.
p = Z = 9
n = $A - Z$ = 19 – 9 = 10
Karena muatan F adalah –1 maka r = 1, sehingga:
e = p + r = 9 + 1 = 10

c. $^{88}_{38}Sr^{2+}$ mempunyai jumlah proton, neutron, dan elektron sebagai berikut.
p = Z = 38
n = $A - Z$ = 88 – 38 = 50
Karena muatan Sr adalah 2+, maka q = 2 sehingga:
e = p – q = 38 – 2 = 36

Latihan 1.2

1. Salin dan tentukan jumlah proton, elektron, dan neutron dalam atom-atom berikut.

Notasi	Jumlah Proton	Jumlah Elektron	Jumlah Neutron
$^{23}_{11}Na^{+}$			
$^{14}_{7}N$			
$^{16}_{8}O^{2-}$			
$^{137}_{56}Ba$			
$^{40}_{20}Ca^{2+}$			
$^{64}_{29}Cu^{+}$			
$^{35}_{17}Cl^{-}$			
$^{40}_{18}Ar$			
$^{52}_{24}Cr^{3+}$			
$^{108}_{47}Ag^{+}$			

2. Bila diketahui jumlah proton, neutron, dan elektron, tentukan nomor atom, nomor massa, dan tulislah notasi atom dari unsur-unsur berikut di buku latihan Anda!

Unsur	Jumlah Proton	Jumlah Elektron	Jumlah Neutron	Nomor Atom	Nomor Massa	Notasi
K	19	19	20			
Mg	12	10	12			
Mn	25	23	30			
Si	14	14	14			
N	7	7	7			
S	16	18	16			
I	53	54	74			
Xe	54	54	77			
Pb	82	80	125			
Cs	55	54	78			

3. Ion Au^{3+} mempunyai jumlah elektron 76 dan neutron 118. Tentukan nomor atom dan nomor massa unsur emas!
4. Ion Br^{-} mempunyai jumlah elektron 36 dan neutron 45. Tentukan nomor atom dan nomor massa Br!
5. Unsur kalium mempunyai konfigurasi elektron 2, 8, 8, 1, dan mempunyai jumlah neutron 20. Tentukan nomor atom dan nomor massa unsur kalium!
6. Ion Zn^{2+} mempunyai jumlah elektron 28 dan neutron 35. Tentukan nomor atom dan nomor massa unsur seng tersebut!
7. Ion Mg^{2+} mempunyai konfigurasi elektron 2, 8. Tentukan nomor atom unsur magnesium!

3. Penemuan Partikel Dasar

a. Penemuan Elektron

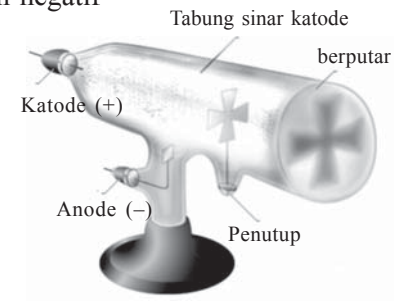
Setelah **John Dalton** (1766-1844) pada tahun 1803 mengemukakan teori atom yang pertama kali, maka tidak lama setelah itu dua orang ilmuwan yaitu **Sir Humphry Davy** (1778-1829) dan muridnya **Michael Faraday** (1791-1867), menemukan metode elektrolisis, yaitu cara menguraikan senyawa menjadi unsur-unsurnya dengan bantuan arus listrik. Dengan metode baru itulah akhirnya mereka menemukan bahwa atom mengandung muatan listrik.

Sejak pertengahan abad ke-19, para ilmuwan banyak meneliti daya hantar listrik dari gas-gas pada tekanan rendah. Tabung lampu gas pertama kali dirancang oleh **Heinrich Geissler** (1829-1879) dari Jerman pada tahun 1854. Rekannya, **Julius Plucker** (1801-1868), membuat eksperimen sebagai berikut. Dua pelat logam ditempatkan pada masing-masing tabung Geissler yang divakumkan, lalu tabung gelas itu diisi dengan gas pada tekanan rendah. Salah satu pelat logam (disebut anode) membawa muatan positif, dan pelat yang satu lagi (disebut katode) membawa muatan negatif. Ketika muatan listrik bertegangan tinggi dialirkan melalui gas dalam tabung, muncullah nyala berupa sinar dari katode ke anode. Sinar yang dihasilkan ini disebut *sinar katode*.

Plucker ternyata kurang teliti dalam pengamatannya dan menganggap sinar tersebut hanyalah cahaya listrik biasa. Pada tahun 1875, **William Crookes** (1832-1919) dari Inggris, mengulangi eksperimen Plucker tersebut dengan lebih teliti dan mengungkapkan bahwa sinar katode merupakan kumpulan partikel-partikel yang saat itu belum dikenal.

Hasil-hasil eksperimen Crookes dapat dirangkum sebagai berikut.

1) Partikel sinar katode bermuatan negatif sebab tertarik oleh pelat yang bermuatan positif.
2) Partikel sinar katode mempunyai massa sebab mampu memutar baling-baling dalam tabung.
3) Partikel sinar katode dimiliki oleh semua materi sebab semua bahan yang digunakan (padat, cair, dan gas) menghasilkan sinar katode yang sama.



Gambar 1.10 Tabung sinar katode William Crookes. Sumber: Microsoft Encarta Reference Library 2006.

Partikel sinar katode itu dinamai "elektron" oleh **George Johnstone Stoney** (1817 – 1895) pada tahun 1891.

Pada masa itu para ilmuwan masih diliputi kebingungan dan ketidaktahuan serta ketidak-percayaan bahwa setiap materi memiliki ekektron karena mereka masih percaya bahwa atom adalah partikel terkecil penyusun suatu materi. Kalau atom merupakan partikel terkecil, maka di manakah keberadaan elektron dalam materi tersebut?



Gambar 1.11 Robert Milikan (1868–1953). Sumber: "Chemistry" Gillespie, Humphreys, Baird, Robinson. Allyn and Bacon Inc. USA

Pada tahun 1897, **Joseph John Thompson** (1856 – 1940) dari Inggris melalui serangkaian eksperimennya berhasil mendeteksi atau menemukan elektron yang dimaksud Stoney. Thompson membuktikan bahwa elektron merupakan partikel penyusun atom, bahkan Thompson mampu menghitung perbandingan muatan terhadap massa elektron $\left(\frac{e}{m}\right)$, yaitu $1{,}759 \times 10^{8}$ coulomb/gram.

Kemudian pada tahun 1908, **Robert Andrew Millikan** (1868-1953) dari Universitas Chicago menemukan harga muatan elektron, yaitu $1{,}602 \times 10^{-19}$ coulomb. Dengan demikian massa sebuah elektron dapat dihitung.

$$\text{Massa satu elektron} = \left(\frac{e}{e/m}\right)$$

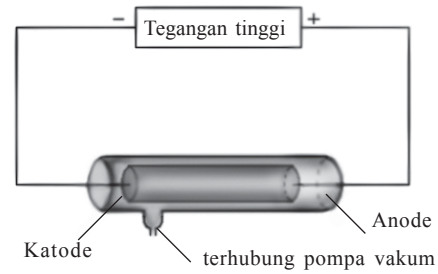
$$= \left(\frac{1{,}602\times10^{-19}}{1{,}759\times10^{8}}\right)$$

$$= 9{,}11 \times 10^{-28} \text{ gram}$$

b. Penemuan Proton

Keberadaan partikel bermuatan positif yang dikandung oleh atom diisyaratkan oleh **Eugen Goldstein** (1850-1930) pada tahun 1886. Dengan ditemukannya elektron, para ilmuwan semakin yakin bahwa dalam atom pasti ada partikel bermuatan positif untuk mengimbangi muatan negatif dari elektron. Selain itu, jika seandainya partikel penyusun atom hanya elektron-elektron, maka jumlah massa elektron terlalu kecil dibandingkan terhadap massa sebutir atom.

Keberadaan partikel penyusun atom yang bermuatan positif itu semakin terbukti ketika **Ernest Rutherford** (1871-1937), orang Selandia Baru yang pindah ke Inggris, pada tahun 1906 berhasil menghitung bahwa massa partikel bermuatan positif itu kira-kira 1.837 kali massa elektron. Kini kita menamai partikel itu *proton*, nama yang baru dipakai mulai tahun 1919.



Gambar 1.12 Tabung sinar terusan

Massa 1 elektron = $9{,}11 \times 10^{-28}$ gram
Massa 1 proton = $1.837 \times 9{,}11 \times 10^{-28}$ gram
= $1{,}673 \times 10^{-24}$ gram

c. Penemuan Neutron

Setelah para ilmuwan mempercayai adanya elektron dan proton dalam atom, maka timbul masalah baru, yaitu jika hampir semua massa atom terhimpun pada inti (sebab massa elektron sangat kecil dan dapat diabaikan), ternyata jumlah proton dalam inti belum mencukupi untuk sesuai dengan massa atom. Jadi, dalam inti pasti ada partikel lain yang menemani proton-proton. Pada tahun 1932, **James Chadwick** (1891–1974) menemukan *neutron-neutron*, partikel inti yang tidak bermuatan. Massa sebutir neutron adalah $1{,}675 \times 10^{-24}$ gram, hampir sama atau boleh dianggap sama dengan massa sebutir proton.

Jadi sekarang diketahui dan dipercayai oleh para ilmuwan bahwa inti atom tersusun atas dua partikel, yaitu proton (partikel yang bermuatan positif) dan neutron (partikel yang tidak bermuatan). Proton dan neutron mempunyai nama umum, *nukleon-nukleon*, artinya partikel-partikel inti.

Latihan 1.3

Salin dan kerjakan soal-soal berikut di buku latihan Anda!

1. Lengkapilah tabel berikut.

Partikel	Massa		Muatan Listrik	
	gram	sma	coulomb (C)	Atomik
Proton (p)				+ 1
Neutron (n)				0
Elektron (e)				–1

2. Berdasarkan tabel pada soal nomor 1,
 a. bandingkan massa elektron terhadap massa proton!
 b. mengapa massa elektron diabaikan?

3. Lengkapilah tabel berikut.

Partikel	Nama Penemu
Proton	
Neutron	
Elektron	

Tugas Individu

Carilah teori atom yang terbaru yang dapat Anda peroleh dengan media internet. Berilah kesimpulan yang dapat Anda tarik berdasarkan data-data yang diperoleh!

C. Isotop, Isobar, dan Isoton

1. Isotop

Salah satu teori Dalton menyatakan bahwa atom-atom dari unsur yang sama memiliki massa yang sama. Pendapat Dalton ini tidak sepenuhnya benar. Kini diketahui bahwa atom-atom dari unsur yang sama dapat memiliki massa yang berbeda. Fenomena semacam ini disebut *isotop*.

Isotop adalah unsur-unsur sejenis yang memiliki nomor atom sama, tetapi memiliki massa atom berbeda atau unsur-unsur sejenis yang memiliki jumlah proton sama, tetapi jumlah neutron berbeda.

Sebagai contoh, atom oksigen memiliki tiga isotop, yaitu:

$${}^{16}_{8}O\ ,\ {}^{17}_{8}O\ ,\ {}^{18}_{8}O$$

2. Isobar

Isobar adalah atom dari unsur yang berbeda (mempunyai nomor atom berbeda), tetapi mempunyai nomor massa yang sama.
Sebagai contoh:

$${}^{14}_{6}C$$ dengan $${}^{14}_{7}N$$ dan $${}^{24}_{11}Na$$ dengan $${}^{24}_{12}Mg$$

3. Isoton

Isoton adalah atom dari unsur yang berbeda (mempunyai nomor atom berbeda), tetapi mempunyai jumlah neutron sama.
Sebagai contoh:

$${}^{13}_{6}C$$ dengan $${}^{14}_{7}N$$ dan $${}^{31}_{15}P$$ dengan $${}^{32}_{16}S$$

Rangkuman

1. Teori atom Dalton didasarkan atas tiga asumsi pokok, yaitu:
 a. Setiap unsur kimia tersusun oleh partikel-partikel kecil yang tidak dapat dihancurkan dan dipisahkan yang disebut atom. Selama mengalami perubahan kimia, atom tidak bisa diciptakan dan dimusnahkan.
 b. Semua atom dari suatu unsur mempunyai massa dan sifat yang sama, tetapi atom-atom dari suatu unsur berbeda dengan atom-atom dari unsur yang lain, baik massa maupun sifat-sifatnya yang berlainan.
 c. Dalam senyawa kimiawi, atom-atom dari unsur yang berlainan melakukan ikatan dengan perbandingan angka sederhana.
2. Model atom Thompson dianalogkan seperti sebuah roti kismis, di mana atom terdiri atas materi bermuatan positif dan di dalamnya tersebar elektron bagaikan kismis dalam roti kismis. Karena muatan positif dan negatif bercampur jadi satu dengan jumlah yang sama, maka secara keseluruhan atom menurut Thompson bersifat netral.
3. Model atom Rutherford menyatakan bahwa:
 a. Atom tersusun dari inti atom yang bermuatan positif, dan elektron-elektron bermuatan negatif yang mengelilingi inti.
 b. Semua proton terkumpul dalam inti atom, dan menyebabkan inti atom bermuatan positif.
 c. Sebagian besar volume atom merupakan ruang kosong. Hampir semua massa atom terpusat pada inti atom yang sangat kecil. Jari-jari atom sekitar 10^{-10} m, sedangkan jari-jari inti atom sekitar 10^{-15} m.
 d. Jumlah proton dalam inti sama dengan jumlah elektron yang mengelilingi inti, sedangkan atom bersifat netral.
4. Model atom Bohr dianalogkan seperti sebuah tata surya mini. Pada tata surya, planet-planet beredar mengelilingi matahari, sedangkan pada atom, elektron-elektron beredar mengelilingi atom, hanya bedanya pada sistem tata surya setiap lintasan (orbit) hanya ditempati 1 planet, sedangkan pada atom setiap lintasan (kulit) dapat ditempati lebih dari 1 elektron.
5. Partikel dasar penyusun atom adalah proton ,elektron, dan neutron.
6. Hubungan antara nomor atom, massa atom, dan jumlah neutron adalah:
 Nomor atom (Z) = jumlah proton
 = jumlah elektron
 Massa atom (A) = jumlah proton + neutron
 Jumlah neutron = $A - Z$
7. Isotop adalah atom dari unsur yang sama, tetapi berbeda massa. Perbedaan massa disebabkan perbedaan jumlah neutron. Atom unsur yang sama dapat mempunyai jumlah neutron yang berbeda. Isobar adalah atom dari unsur yang berbeda, tetapi mempunyai nomor massa sama. Isoton adalah atom dari unsur yang berbeda, tetapi mempunyai jumlah neutron sama.

Uji Kompetensi 1

I. Berilah tanda silang (X) huruf A, B, C, D, atau E pada jawaban yang paling benar!

1. Partikel penyusun inti atom adalah
 A. proton
 B. neutron
 C. neutron dan elektron
 D. proton dan neutron
 E. proton, elektron, dan neutron
2. Di antara pernyataan berikut ini, yang benar untuk neutron adalah
 A. jumlahnya selalu sama dengan jumlah proton
 B. jumlahnya dapat berbeda sesuai dengan nomor massa isotopnya
 C. jumlahnya sama dengan jumlah elektron
 D. merupakan partikel atom bermuatan positif
 E. merupakan partikel atom bermuatan negatif
3. Partikel dasar penyusun atom terdiri atas proton, neutron, dan elektron. Muatan listrik partikel dasar tersebut berturut-turut adalah
 A. –1; +1; 0
 B. +1; –1; 0
 C. +1; 0; –1
 D. –1; 0; +1
 E. 0; –1; +1
4. Jumlah maksimum elektron pada kulit N adalah
 A. 18
 B. 20
 C. 30
 D. 32
 E. 50
5. Suatu isotop mempunyai 21 neutron dan nomor massa 40. Unsur tersebut mempunyai elektron valensi sebanyak
 A. 1
 B. 2
 C. 3
 D. 6
 E. 9
6. Diketahui nomor atom K dan Ar berturut-turut adalah 19 dan 18. Ion K^+ dan atom Ar mempunyai kesamaan dalam hal
 A. konfigurasi elektron
 B. jumlah proton
 C. jumlah neutron
 D. muatan inti
 E. jumlah partikel dasar
7. Suatu unsur mempunyai konfigurasi elektron K = 2, L = 8, M = 18, dan N = 7. Salah satu isotopnya mempunyai nomor massa 80.
 Isotop tersebut mengandung
 A. 35 elektron dan 35 neutron
 B. 35 proton dan 35 neutron
 C. 35 proton dan 45 neutron
 D. 35 elektron dan 80 neutron
 E. 80 elektron dan 80 neutron

8. Suatu atom bermuatan negatif dua. Jika nomor massa 16 dan memiliki jumlah elektron 10, maka atom tersebut dilambangkan … .

 A. ${}^{10}_{6}X$
 B. ${}^{16}_{8}X$
 C. ${}^{6}_{10}X$
 D. ${}^{16}_{12}X$
 E. ${}^{26}_{16}X$

9. Konfigurasi elektron atom ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ adalah … .

 A. 2, 8, 10
 B. 2, 8, 9, 1
 C. 2, 8, 8, 2
 D. 2, 2, 8, 8
 E. 2, 10, 8

10. Suatu atom memiliki nomor massa 23 dan dalam intinya terdapat 12 neutron. Banyak elektron pada kulit terluar adalah … .

 A. 1
 B. 2
 C. 3
 D. 4
 E. 5

11. Diketahui ${}_{7}\text{N}$, ${}_{8}\text{O}$, ${}_{9}\text{F}$, ${}_{11}\text{Na}$, dan ${}_{12}\text{Mg}$. Yang mempunyai elektron valensi tertinggi adalah unsur … .

 A. N
 B. O
 C. F
 D. Na
 E. Mg

12. Ion di bawah ini memiliki konfigurasi seperti gas ${}_{10}\text{Ne}$, ***kecuali*** … .

 A. ${}_{11}\text{Na}^{+}$
 B. ${}_{12}\text{Mg}^{2+}$
 C. ${}_{13}\text{Al}^{3+}$
 D. ${}_{16}\text{S}^{2-}$
 E. ${}_{8}\text{O}^{2-}$

13. Jika unsur *A* memiliki nomor atom 16, elektron yang dimiliki A^{2-} adalah … .

 A. 10
 B. 12
 C. 14
 D. 16
 E. 18

14. Unsur di bawah ini memiliki elektron valensi sama, ***kecuali*** … .

 A. ${}_{4}\text{Be}$
 B. ${}_{7}\text{N}$
 C. ${}_{12}\text{Mg}$
 D. ${}_{20}\text{Ca}$
 E. ${}_{38}\text{Sr}$

15. Pasangan unsur di bawah ini yang merupakan isotop adalah … .

 A. ${}^{23}_{11}\text{Na}$ dan ${}^{23}_{11}\text{Mg}$
 B. ${}^{31}_{15}\text{P}$ dan ${}^{32}_{16}\text{S}$
 C. ${}^{233}_{92}\text{U}$ dan ${}^{238}_{92}\text{U}$
 D. ${}^{32}_{15}\text{P}$ dan ${}^{32}_{16}\text{S}$
 E. ${}^{123}_{51}\text{Sb}$ dan ${}^{123}_{52}\text{Te}$

16. Diketahui unsur ${}^{31}_{15}P$, ${}^{30}_{16}Q$, ${}^{32}_{15}R$, dan ${}^{32}_{16}S$. Unsur-unsur yang merupakan isobar adalah … .
 A. *P* dan *Q*
 B. *Q* dan *R*
 C. *P* dan *R*
 D. *Q* dan *S*
 E. *R* dan *S*

17. Di antara pasangan berikut ini, yang merupakan isoton adalah … .
 A. ${}^{214}_{82}Pb$ dan ${}^{214}_{84}Pb$
 B. ${}^{213}_{83}Bi$ dan ${}^{214}_{84}Po$
 C. ${}^{214}_{84}Pb$ dan ${}^{214}_{82}Pb$
 D. ${}^{21}_{12}Mg$ dan ${}^{40}_{20}Ca$
 E. ${}^{40}_{20}Ca$ dan ${}^{39}_{19}K$

18. Gas dapat menghantar listrik apabila
 A. pada tekanan rendah diberi tegangan listrik tinggi
 B. pada tekanan tinggi diberi tegangan listrik tinggi
 C. pada tekanan tinggi diberi tegangan listrik rendah
 D. pada tekanan rendah diberi tegangan listrik rendah
 E. pada suhu rendah diberi tegangan listrik rendah

19. Partikel alfa yang ditembakkan pada lempeng logam tipis sebagian besar diteruskan, tetapi sebagian kecil dibelokkan atau dipantulkan. Partikel alfa yang lintasannya mengalami pembelokan adalah
 A. partikel alfa yang menabrak inti atom
 B. partikel alfa yang menabrak elektron
 C. partikel alfa yang melewati ruang kosong jauh dari inti atom
 D. partikel alfa yang melewati ruang kosong mendekati inti atom
 E. partikel alfa yang berenergi rendah

20. Di antara pernyataan berikut ini, yang ***tidak*** benar adalah
 A. elektron ditemukan oleh J. J. Thompson melalui percobaan dengan tabung sinar katode
 B. neutron ditemukan oleh J. Chadwick pada tahun 1932
 C. inti atom ditemukan oleh E. Rutherford melalui percobaan penghamburan sinar alfa
 D. proton ditemukan oleh Henry Bacquerel pada tahun 1896
 E. muatan elektron ditemukan oleh A. R. Millikan melalui percobaan tetes minyak

21. Di antara perpindahan elektron berikut, yang disertai pelepasan energi paling besar adalah
 A. dari kulit K ke kulit N
 B. dari kulit M ke kulit K
 C. dari kulit L ke kulit K
 D. dari kulit M ke kulit P
 E. dari kulit N ke kulit M

22. Teori atom Niels Bohr mengandung gagasan tentang
 A. partikel dasar
 B. inti atom
 C. tingkat energi dalam atom
 D. isotop
 E. orbital
23. Zat yang memancarkan radiasi secara spontan dan bermuatan negatif disebut
 A. elektron
 B. sinar gama
 C. sinar beta
 D. sinar alfa
 E. sinar radioaktif
24. Suatu bilangan bulat positif yang digunakan untuk membedakan kulit atom adalah
 A. nomor massa
 B. nomor atom
 C. bilangan kuantum utama
 D. jumlah proton
 E. jumlah neutron
25. Partikel penyusun inti atom disebut
 A. inti atom
 B. proton
 C. neutron
 D. nukleon
 E. elektron

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Bagaimana atom digambarkan pertama kali?
2. Sebutkan sub-sub bagian atom!
3. Sebutkan tokoh-tokoh yang merancang ditemukannya sinar katode!
4. Apakah sumbangan besar yang dikemukakan oleh Robert Millikan?
5. Bagaimana gambaran atom menurut Thompson?
6. Bagaimana rancangan Rutherford terhadap percobaannya untuk meluruskan pandangan Thompson tentang model atom kismisnya?
7. Apakah kesimpulan yang dihasilkan dari percobaan Rutherford?
8. a. Sebutkan tokoh yang menemukan proton!
 b. Bagaimana rancangan percobaan sampai ditemukan proton?
 c. Sebutkan sifat-sifat proton!
9. a. Sebutkan tokoh yang menemukan neutron!
 b. Bagaimana rancangan percobaan sampai ditemukan neutron?
 c. Sebutkan sifat-sifat neutron!
10. Jelaskan perbedaan isotop, isoton, dan isobar!
11. Diketahui nuklida-nuklida: $^{23}_{11}Na$, $^{32}_{16}S$, $^{39}_{19}K$, $^{40}_{20}Ca$, $^{24}_{11}Na$, $^{24}_{12}Mg$.
 a. Tentukan unsur-unsur yang merupakan isotop!
 b. Tentukan unsur-unsur yang merupakan isoton!
 c. Tentukan unsur-unsur yang merupakan isobar!

12. Siapakah nama tokoh yang menemukan teori bahwa atom bukan partikel terkecil? Apakah hasil temuan tokoh tersebut?
13. Sebutkan kelemahan teori atom menurut:
 a. Dalton
 b. Thompson
 c. Niels Bohr
14. Tentukan konfigurasi elektron dan jumlah elektron valensi unsur-unsur berikut.

 a. $_{10}Ne$ d. $_{35}Br$ g. $_{55}Cs$

 b. $_{17}Cl$ e. $_{37}Rb$ h. $_{82}Pb$

 c. $_{20}Ca$ f. $_{51}Sb$ i. $_{86}Rn$
15. Suatu atom *X* mempunyai konfigurasi elektron 2, 8, 18, 8, 1. Jumlah neutronnya 48. Tentukan nomor atom, nomor massa, dan tulislah notasi atom *X* tersebut!
16. Ion S^{2-} mempunyai konfigurasi elektron 2, 8, 8 dan jumlah proton 16. Tentukan nomor atom, nomor massa, dan tulislah notasi atom S tersebut!
17. Salin dan lengkapilah tabel berikut ini!

Unsur	Jumlah			Nomor Atom	Nomor Massa	Notasi
	Proton	Elektron	Neutron			
Kalium	19	18	20			
Kalsium						$^{40}_{20}Ca$
Barium	56	54	81			
Belerang						$^{32}_{16}S^{2-}$
Fosfor	15	15	16			
Oksigen	8	10	8			
Klorin	17	18	18			
Argon	18	18	22			
Aluminium						$^{27}_{13}Al^{3+}$
Xenon						$^{131}_{54}Xe$

18. Sebutkan tokoh-tokoh yang mendukung teori atom modern!
19. Suatu atom *Q* mempunyai konfigurasi elektron dengan jumlah kulit 3 dan elektron valensi 7. Bila jumlah neutronnya 18, tentukan nomor atom, nomor massa, dan tulis notasi atom *Q* tersebut!
20. Diketahui ion $^{223}_{87}Fr^{+}$, tentukan jumlah proton, neutron, dan elektronnya!

1.2 Sistem Periodik Unsur

Setelah para ahli secara terus-menerus menemukan unsur-unsur baru, maka jumlah unsur semakin banyak dan hal ini akan menimbulkan kesulitan dalam mempelajarinya, jika tidak ada cara yang praktis untuk mempelajarinya. Oleh karena itu, para ahli berusaha membuat pengelompokan sehingga unsur-unsur tersebut tertata dengan baik. Puncak dari usaha tersebut adalah terciptanya suatu tabel unsur yang disebut *sistem periodik unsur*. Sistem periodik unsur ini mengandung banyak sekali informasi tentang sifat-sifat unsur, sehingga sangat membantu dalam mempelajari unsur-unsur yang kini berjumlah tidak kurang dari 118, yang meliputi unsur alam dan unsur sintetis.

A. Perkembangan Sistem Periodik Unsur

Upaya untuk mengelompokkan unsur-unsur ke dalam kelompok-kelompok tertentu sebenarnya sudah dilakukan para ahli sejak dulu, tetapi pengelompokan masa itu masih sederhana. Pengelompokan yang paling sederhana ialah membagi unsur ke dalam kelompok logam dan nonlogam.

Seiring perkembangan ilmu kimia, usaha pengelompokan unsur-unsur yang semakin banyak tersebut dilakukan oleh para ahli dengan berbagai dasar pengelompokan yang berbeda-beda, tetapi tujuan akhirnya sama, yaitu mempermudah dalam mempelajari sifat-sifat unsur. Dimulai pada tahun 1829, **Johan Wolfgang Dobereiner** mengelompokkan unsur-unsur yang sangat mirip sifatnya. Ternyata tiap kelompok terdiri dari tiga unsur, sehingga kelompok itu disebut *triad*. Apabila unsur-unsur dalam satu triad disusun menurut kenaikan massa atom relatifnya, ternyata massa atom maupun sifat-sifat unsur yang kedua merupakan rata-rata dari massa atom relatif maupun sifat-sifat unsur pertama dan ketiga.

Tabel 1.1 Contoh Pengelompokan Sifat Unsur

Triad	A_r	Rata-rata A_r Unsur Pertama dan Ketiga	Wujud
Klorin	35,5	$\frac{35,5+127}{2} = 81,2$	Gas
Bromin	79,9		Cair
Iodin	127		Padat

Sistem triad ini ternyata ada kelemahannya. Sistem ini kurang efisien karena ternyata ada beberapa unsur lain yang tidak termasuk dalam satu triad, tetapi mempunyai sifat-sifat mirip dengan triad tersebut.

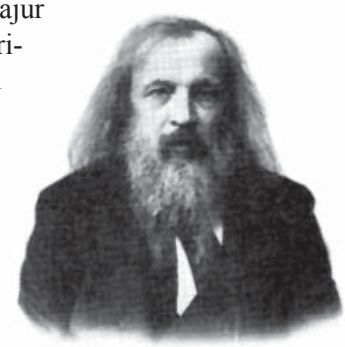
Usaha selanjutnya dilakukan oleh seorang ahli kimia asal Inggris bernama **A. R. Newlands,** yang pada tahun 1864 mengumumkan penemuannya yang disebut *hukum oktaf*. Newlands menyusun unsur berdasarkan kenaikan massa atom relatifnya. Ternyata unsur yang berselisih 1 oktaf (unsur ke-1 dan ke-8, unsur ke-2 dan unsur ke-9), menunjukkan kemiripan sifat. Hukum oktaf ini juga mempunyai kelemahan karena hanya berlaku untuk unsur-unsur ringan. Jika diteruskan, ternyata kemiripan sifat terlalu dipaksakan. Misalnya, Zn mempunyai sifat yang cukup berbeda dengan Be, Mg, dan Ca.

Berikut ini tabel yang memuat sebagian dari daftar oktaf Newlands.

Tabel 1.2 Sebagian Daftar Oktaf Newlands

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si
1	2	3	4	5	6	7
H	Li	Be	B	C	N	O
F	Na	Mg	Al	Si	P	S
Cl	K	Ca	Cr	Ti	Mn	Fe
Co, Ni	Cu	Zn	Y	In	As	Se

Kemudian pada tahun 1869, seorang sarjana asal Rusia bernama **Dmitri Ivanovich Mendeleev**, berdasarkan pengamatannya terhadap 63 unsur yang sudah dikenal ketika itu, menyimpulkan bahwa sifat-sifat unsur adalah fungsi periodik dari massa atom relatifnya dan persamaan sifat. Artinya, jika unsur-unsur disusun menurut kenaikan massa atom relatifnya, maka sifat tertentu akan berulang secara periodik. Mendeleev menempatkan unsur-unsur yang mempunyai kemiripan sifat dalam satu lajur vertikal, yang disebut *golongan*. Lajur-lajur horizontal, yaitu lajur unsur-unsur berdasarkan kenaikan massa atom relatifnya, disebut *periode*. Sistem periodik Mendeleev ini mempunyai kelemahan dan juga keunggulan. Kelemahan sistem ini adalah penempatan beberapa unsur tidak sesuai dengan kenaikan massa atom relatifnya. Selain itu masih banyak unsur yang belum dikenal. Sedangkan keunggulan sistem periodik Mendeleev adalah bahwa Mendeleev berani mengosongkan beberapa tempat dengan keyakinan bahwa masih ada unsur yang belum dikenal (James E. Brady, 1990).



Gambar 1.13 Dmitri Ivanovich Mendeleev (1834 – 1907)
Sumber: "Chemistry and Chemical Reactivity", Kotz and Purcell 1987, CBS College Publishing New York

Kurang lebih 45 tahun berikutnya, tepatnya pada tahun 1914, **Henry G. Moseley** (1887 – 1915) menemukan bahwa urutan unsur dalam sistem periodik sesuai dengan kenaikan nomor atom unsur. Penempatan telurium (A_r = 128) dan iodin (A_r = 127) yang tidak sesuai dengan kenaikan massa atom relatif, ternyata sesuai dengan kenaikan nomor atomnya (nomor atom Te = 52; I = 53). Jadi, sifat periodik lebih tepat dikatakan sebagai fungsi nomor atom. Sistem periodik unsur modern disusun berdasarkan kenaikan nomor atom dan kemiripan sifat. *Sistem periodik unsur modern merupakan penyempurnaan dari sistem periodik Mendeleev.*

1. Dasar Penyusunan Sistem Periodik Unsur Modern

Sistem periodik unsur modern (lihat gambar 1.14) disusun berdasarkan kenaikan nomor atom dan kemiripan sifat. Lajur horizontal, yang selanjutnya disebut *periode*, disusun menurut kenaikan nomor atom, sedangkan lajur vertikal, yang selanjutnya disebut *golongan*, disusun menurut kemiripan sifat.

Unsur segolongan bukannya mempunyai sifat yang sama, melainkan mempunyai kemiripan sifat. Setiap unsur memiliki sifat khas yang membedakannya dari unsur lainnya. Unsur-unsur dalam sistem periodik dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu unsur-unsur yang menempati golongan A yang disebut *unsur golongan utama*, dan unsur-unsur yang menempati golongan B yang disebut *unsur transisi* (James E. Brady, 1990).

Latihan 1.4

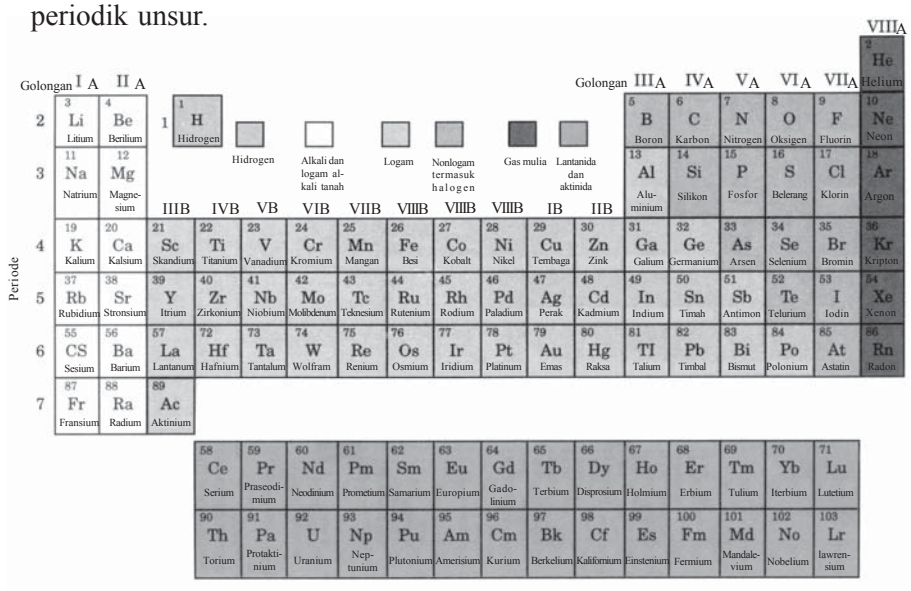
1. Apakah tujuan para ahli kimia mengelompokkan unsur-unsur?
2. Jelaskan pengelompokan unsur menurut:
 a. Dobereiner
 b. Newlands
 c. Mendeleev
 d. Moseley
3. Apakah kelemahan pengelompokan unsur menurut:
 a. Dobereiner
 b. Newlands
 c. Mendeleev
4. Berdasarkan apakah Moseley menyempurnakan sistem periodik Mendeleev?
5. Apakah perbedaan pengelompokan unsur menurut Mendeleev dengan Moseley berdasarkan golongan dan periode?

2. Susunan Sistem Periodik Unsur Modern

Sistem periodik unsur modern yang disebut juga sistem periodik bentuk panjang, terdiri atas 7 periode dan 8 golongan. Periode 1, 2, dan 3 disebut *periode pendek* karena berisi sedikit unsur, sedangkan periode lainnya disebut *periode panjang*. Golongan terbagi atas golongan A dan golongan B. Unsur-unsur golongan A disebut *golongan utama*, sedangkan golongan B disebut *golongan transisi*. Golongan-golongan B terletak antara golongan IIA dan IIIA. Golongan B mulai terdapat pada periode 4.

Dalam sistem periodik unsur yang terbaru, golongan ditandai dengan golongan 1 sampai dengan golongan 18 secara berurutan dari kiri ke kanan. Dengan cara ini, maka unsur transisi terletak pada golongan 3 sampai dengan golongan 12. Cara seperti itu dapat dilihat pada sistem periodik unsur pada gambar 1.14.

Hidrogen ditempatkan dalam golongan IA, terutama karena mempunyai 1 elektron valensi. Akan tetapi, terdapat perbedaan sifat yang cukup nyata antara hidrogen dengan unsur golongan IA lainnya. Hidrogen tergolong nonlogam, sedangkan yang lainnya merupakan logam aktif. Dengan alasan tersebut, hidrogen kadang-kadang ditempatkan terpisah di bagian atas sistem periodik unsur.



Gambar 1.14 Sistem Periodik Unsur Modern
Sumber: "*Infinity's Encyclopaedia of Science*", Neil Ardley, Dr. Jeffery Bates, William Hemsley, Peter Lafferty, Steve Parker, Clint Twist, Infinity Books 2001.

a. Periode

Sistem periodik unsur modern mempunyai 7 periode. Unsur-unsur yang mempunyai jumlah kulit yang sama pada konfigurasi elektronnya, terletak pada periode yang sama.

Nomor periode = jumlah kulit

Tabel 1.3 Jumlah Unsur Tiap Periode dalam Sistem Periodik Unsur Modern

Periode	Jumlah Unsur
1	2
2	8
3	8
4	18
5	18
6	32
7	belum penuh

Tugas Individu

Salin dan tentukan periode dari unsur-unsur berikut.

Unsur	Nomor Atom	Konfigurasi Elektron						Jumlah Kulit	Periode
		K	L	M	N	O	P		
Natrium	11								
Magnesium	12								
Belerang	16								
Kalium	19								
Kalsium	20								
Kripton	36								

b. Golongan

Sistem periodik unsur modern mempunyai 8 golongan utama (A). Unsur-unsur pada sistem periodik modern yang mempunyai elektron valensi (elektron kulit terluar) sama pada konfigurasi elektronnya, maka unsur-unsur tersebut terletak pada golongan yang sama (golongan utama/A).

Nomor golongan = jumlah elektron valensi

Tugas Individu

Salin dan kerjakan soal-soal berikut di buku latihan Anda!

Tentukan golongan dari unsur-unsur berikut.

Unsur	Nomor Atom	Konfigurasi Elektron						Elektron Valensi	Golongan (A)
		K	L	M	N	O	P		
Natrium	11								
Kalium	19								
Rubidium	37								
Neon	10								
Argon	18								
Kripton	36								

Tabel 1.4 Nama-nama Golongan pada Sistem Periodik Unsur Modern

Golongan Utama (A)	Nama Golongan	Jumlah Elektron Valensi
IA	Alkali	1
IIA	Alkali tanah	2
IIIA	Boron	3
IVA	Karbon	4
VA	Nitrogen	5
VIA	Oksigen	6
VIIA	Halogen	7
VIIIA	Gas mulia	8

Latihan 1.5

1. Jelaskan pengertian golongan dan periode pada sistem periodik unsur modern!
2. Ada berapa golongan utama (A) dan periode pada sistem periodik unsur modern?
3. Bagaimana hubungan konfigurasi elektron dengan sistem periodik unsur?
4. Tentukan konfigurasi elektron berikut ini, kemudian sebutkan kedudukannya dalam golongan dan periode pada sistem periodik unsur modern!

Unsur	Konfigurasi Elektron						Elektron Valensi	Nomor Golongan	Jumlah Kulit	Periode
	K	L	M	N	O	P				
$_{11}Na$ $_{12}Mg$ $_{17}Cl$ $_{18}Ar$ $_{20}Ca$ $_{32}Ge$ $_{35}Br$ $_{53}I$ $_{56}Ba$ $_{87}Fr$										

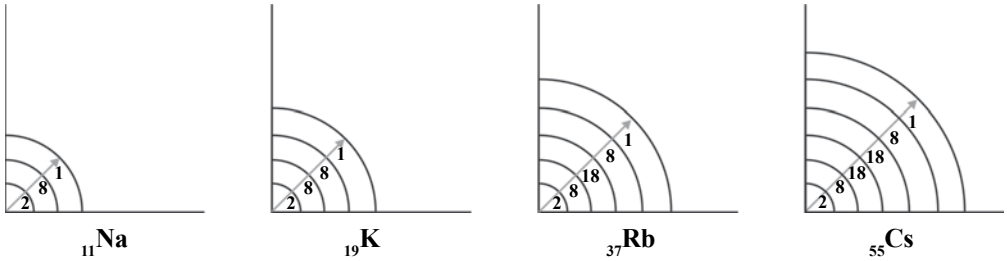
5. Sebutkan unsur-unsur yang termasuk dalam:
 a. periode 3
 b. periode 4
 c. golongan alkali
 d. golongan alkali tanah
 e. golongan halogen
6. Diketahui unsur $_{13}Al$, $_{16}S$, $_{18}Ar$, $_{34}Se$, $_{37}Rb$, $_{52}Te$, $_{54}Xe$, dan $_{55}Cs$. Tentukan unsur-unsur yang terletak pada golongan dan periode yang sama!
7. Ion X^{2+} mempunyai jumlah elektron 36. Tentukan kedudukan unsur X pada golongan dan periode sistem periodik unsur modern!

3. Sifat-sifat Periodik Unsur

Beberapa sifat periodik yang akan dibicarakan di sini adalah jari-jari atom, energi ionisasi, keelektronegatifan, afinitas elektron, sifat logam, dan titik leleh serta titik didih (Martin S. Silberberg, 2000).

a. Jari-jari Atom

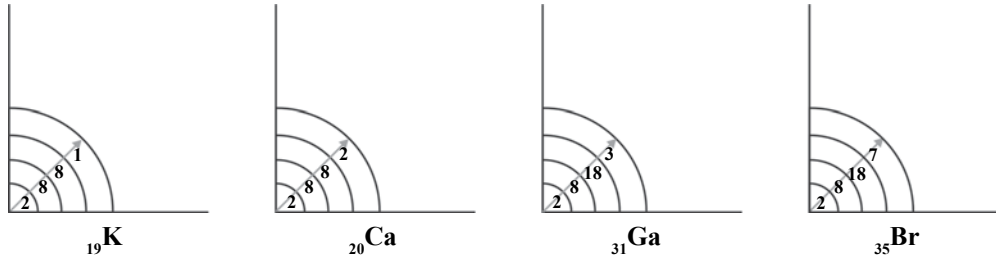
Jari-jari atom adalah jarak dari inti atom sampai kulit terluar. Bagi *unsur-unsur yang segolongan, jari-jari atom makin ke bawah makin besar* sebab jumlah kulit yang dimiliki atom makin banyak, sehingga kulit terluar makin jauh dari inti atom.



$_{11}Na$ $_{19}K$ $_{37}Rb$ $_{55}Cs$

Gambar 1.15 Jari-jari atom unsur-unsur dalam satu golongan, dari atas ke bawah makin besar.

Unsur-unsur yang seperiode memiliki jumlah kulit yang sama. Akan tetapi, tidaklah berarti mereka memiliki jari-jari atom yang sama pula. Semakin ke kanan letak unsur, proton dan elektron yang dimiliki makin banyak, sehingga tarik-menarik inti dengan elektron makin kuat. Akibatnya, elektron-elektron terluar tertarik lebih dekat ke arah inti. Jadi, bagi *unsur-unsur yang seperiode, jari-jari atom makin ke kanan makin kecil.*



$_{19}K$ $_{20}Ca$ $_{31}Ga$ $_{35}Br$

Gambar 1.16 Jari-jari atom unsur-unsur dalam satu periode, dari kiri ke kanan makin kecil

Dalam satu golongan, konfigurasi unsur-unsur satu golongan mempunyai jumlah elektron valensi sama dan jumlah kulit bertambah. Akibatnya, jarak elektron valensi dengan inti semakin jauh, sehingga *jari-jari atom dalam satu golongan makin ke bawah makin besar*.
Jadi dapat disimpulkan:

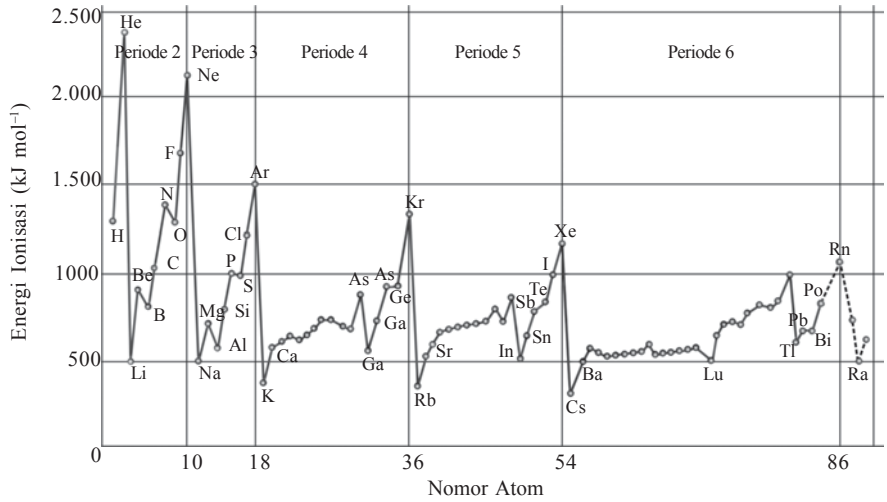
1) Dalam satu golongan, jari-jari atom bertambah besar dari atas ke bawah.
2) Dalam satu periode, jari-jari atom makin kecil dari kiri ke kanan.

b. Energi Ionisasi

Energi ionisasi adalah energi yang diperlukan untuk melepaskan elektron terluar suatu atom. Energi ionisasi ini dinyatakan dalam satuan kJ mol^{-1}.

Unsur-unsur yang segolongan, energi ionisasinya makin ke bawah semakin kecil karena elektron terluar makin jauh dari inti (gaya tarik inti makin lemah), sehingga elektron terluar makin mudah dilepaskan. Sedangkan *unsur-unsur yang seperiode, gaya tarik inti makin ke kanan makin kuat, sehingga energi ionisasi pada umumnya makin ke kanan makin besar.*

Ada beberapa perkecualian yang perlu diperhatikan. Golongan IIA, VA, dan VIIIA ternyata mempunyai energi ionisasi yang sangat besar, bahkan lebih besar daripada energi ionisasi unsur di sebelah kanannya, yaitu IIIA dan VIA. Hal ini terjadi karena unsur-unsur golongan IIA, VA, dan VIIIA mempunyai konfigurasi elektron yang relatif stabil, sehingga elektron sukar dilepaskan.



Gambar 1.17 Hubungan energi ionisasi dengan nomor atom.

Sumber: Kimia Untuk Universitas, Jilid 1, Keenan - A.Hadyana P, Erlangga, 1986.

Tugas Individu

Berdasarkan gambar hubungan energi ionisasi dengan nomor atom dalam satu periode, kesimpulan apakah yang dapat Anda peroleh tentang energi ionisasi unsur-unsur dalam satu periode?

c. Keelektronegatifan

Keelektronegatifan adalah kemampuan atau kecenderungan suatu atom untuk menangkap atau menarik elektron dari atom lain. Misalnya, fluorin memiliki kecenderungan menarik elektron lebih kuat daripada hidrogen. Jadi, dapat disimpulkan bahwa keelektronegatifan fluorin

lebih besar daripada hidrogen. Konsep keelektronegatifan ini pertama kali diajukan oleh **Linus Pauling** (1901 – 1994) pada tahun 1932.

Unsur-unsur yang segolongan, keelektronegatifan makin ke bawah makin kecil sebab gaya tarik inti makin lemah. Sedangkan *unsur-unsur yang seperiode, keelektronegatifan makin ke kanan makin besar*. Akan tetapi perlu diingat bahwa golongan VIIIA tidak mempunyai keelektronegatifan. Hal ini karena sudah memiliki 8 elektron di kulit terluar. Jadi keelektronegatifan terbesar berada pada golongan VIIA.

Tabel 1.4 Nilai Keelektronegatifan Unsur-unsur

IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIIIB			IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
1 H 2,1																	2 He –
3 Li 1,0	4 Be 1,5											5 B 2,0	6 C 2,5	7 N 3,0	8 O 3,5	9 F 4,0	10 Ne –
11 Na 0,9	12 Mg 1,2											13 Al 1,5	14 Sl 1,8	15 P 2,1	16 S 2,5	17 Cl 3,0	18 Ar –
19 K 0,8	20 Ca 1,01	21 Sc 1,3	22 Ti 1,5	23 V 1,6	24 Cr 1,6	25 Mn 1,5	26 Fe 1,8	27 Co 1,8	28 Ni 1,8	29 CuH 1,9	30 Zn 1,6	31 Ga 1,6	32 Ge 1,8	33 As 2,0	34 Se 2,4	35 Br 2,8	36 Kr –
37 Rb 0,8	38 Sr 1,0	39 Y 1,2	40 Zr 1,4	41 Nb 1,6	42 Mo 1,8	43 Tc 1,9	44 Ru 2,2	45 Rh 2,2	46 Pd 2,2	47 Ag 1,9	48 Cd 1,7	49 In 1,7	50 Sn 1,8	51 Sb 1,9	52 Te 2,1	53 I 2,5	54 Xe –
55 Cs 0,7	56 Ba 0,9	57 La 1,1	72 Hf 1,3	73 Ta 1,5	74 W 1,7	75 Re 1,9	76 Os 2,2	77 Ir 2,2	78 Pt 2,2	79 Au 2,4	80 Hg 1,9	81 Tl 1,8	82 Pb 1,8	83 Bi 1,9	84 Po 2,0	85 At 2,2	86 Rn –
87 Fr 0,7	88 Ra 0,9	89 Ac 1,1															

Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change, Martin S. Silberberg, 2000.

Uji Kepahaman Diri 1.1

Berdasarkan tabel 1.4,

1. Bagaimana kecenderungan keelektronegatifan unsur-unsur dalam:
 a. satu golongan (dari atas ke bawah)
 b. satu periode (dari kiri ke kanan)
2. Diketahui unsur-unsur: $_{19}K$, $_{20}Ca$, $_{31}Ga$, $_{36}Kr$. Manakah yang memiliki:
 a. keeletronegatifan terbesar?
 b. keelektronegatifan terkecil?
3. Diketahui unsur-unsur: $_{9}F$, $_{17}Cl$, $_{35}Br$, $_{53}I$. Manakah yang memiliki:
 a. keelektronegatifan terbesar?
 b. keelektronegatifan terkecil?

d. Afinitas Elektron

Afinitas elektron adalah energi yang menyertai proses penambahan 1elektron pada satu atom netral dalam wujud gas, sehingga terbentuk ion bermuatan –1. Afinitas elektron juga dinyatakan dalam kJ mol^{-1}. Unsur yang memiliki afinitas elektron bertanda negatif, berarti mempunyai kecenderungan lebih besar dalam menyerap elektron daripada unsur yang afinitas elektronnya bertanda positif. Makin negatif nilai afinitas elektron, maka makin besar kecenderungan unsur tersebut dalam menyerap elektron (kecenderungan membentuk ion negatif).
Dari sifat ini dapat disimpulkan bahwa:

1) Dalam satu golongan, afinitas elektron cenderung berkurang dari atas ke bawah.
2) Dalam satu periode, afinitas elektron cenderung bertambah dari kiri ke kanan.
3) Kecuali unsur alkali tanah dan gas mulia, semua unsur golongan utama mempunyai afinitas elektron bertanda negatif. Afinitas elektron terbesar dimiliki oleh golongan halogen.

Tabel 1.5 Afinitas Elektron Unsur-unsur pada Golongan Utama

Golongan / Periode	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
1	H –73							He 21
2	Li –60	Be 240	B –27	C –122	N 0	O –141	F –328	Ne 29
3	Na –53	Mg 230	Al –44	Si –134	P –72	S –200	Cl –349	Ar 35
4	K –48	Ca 156	Ga –30	Ge –120	As –77	Se –195	Br –325	Kr 39
5	Rb –47	Sr 168	In –30	Sn –121	Sb –101	Te –190	I –295	Xe 41
6	Cs –30	Ba 52	Tl –30	Pb –110	Bi –110	Po –180	At –270	Rn 41

Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change, Martin S. Silberberg, 2000.

e. Sifat Logam

Secara kimia, sifat logam dikaitkan dengan keelektronegatifan, yaitu kecenderungan melepas elektron membentuk ion positif. Jadi, sifat logam tergantung pada energi ionisasi. Ditinjau dari konfigurasi elektron, unsur-unsur logam cenderung melepaskan elektron (memiliki energi ionisasi yang kecil), sedangkan unsur-unsur bukan logam cenderung menangkap elektron (memiliki keelektronegatifan yang besar).

Sesuai dengan kecenderungan energi ionisasi dan keelektronegatifan, maka sifat logam-nonlogam dalam periodik unsur adalah:

1) Dari kiri ke kanan dalam satu periode, sifat logam berkurang, sedangkan sifat nonlogam bertambah.
2) Dari atas ke bawah dalam satu golongan, sifat logam bertambah, sedangkan sifat nonlogam berkurang.

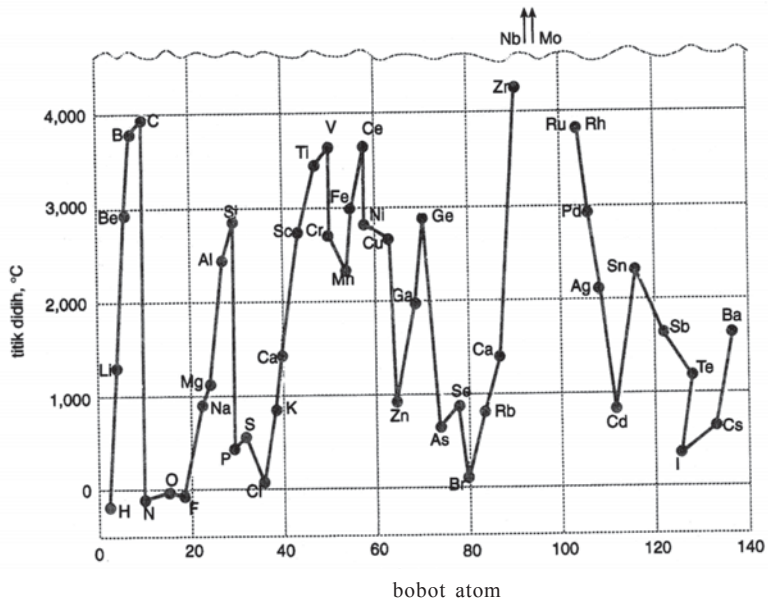
Jadi, unsur-unsur logam terletak pada bagian kiri-bawah sistem periodik unsur, sedangkan unsur-unsur nonlogam terletak pada bagian kanan-atas. Batas logam dan nonlogam pada sistem periodik sering digambarkan dengan *tangga diagonal bergaris tebal*, sehingga unsur-unsur di sekitar daerah perbatasan antara logam dan nonlogam itu mempunyai sifat logam sekaligus sifat nonlogam. Unsur-unsur itu disebut *unsur metaloid*. Contohnya adalah boron dan silikon.

Selain itu, sifat logam juga berhubungan dengan kereaktifan suatu unsur. *Reaktif* artinya mudah bereaksi. Unsur-unsur logam pada sistem periodik unsur makin ke bawah semakin reaktif (makin mudah bereaksi) karena semakin mudah melepaskan elektron. Sebaliknya, unsur-unsur bukan logam pada sistem periodik makin ke bawah makin kurang reaktif (makin sukar bereaksi) karena semakin sukar menangkap elektron. Jadi, unsur logam yang paling reaktif adalah golongan IA (logam alkali) dan unsur nonlogam yang paling reaktif adalah golongan VIIA (halogen) (Martin S. Silberberg, 2000).

f. Titik Leleh dan Titik Didih

Berdasarkan titik leleh dan titik didih dapat disimpulkan sebagai berikut.

1) Dalam satu periode, titik cair dan titik didih naik dari kiri ke kanan sampai golongan IVA, kemudian turun drastis. Titik cair dan titik didih terendah dimiliki oleh unsur golongan VIIIA.
2) Dalam satu golongan, ternyata ada dua jenis kecenderungan: unsur-unsur golongan IA – IVA, titik cair dan titik didih makin rendah dari atas ke bawah; unsur-unsur golongan VA – VIIIA, titik cair dan titik didihnya makin tinggi.



Gambar 1.16 Dengan bertambahnya bobot atom, titik didih unsur-unsur berubah secara berkala. Titik didih niobium dan molibdenum begitu tinggi, sehingga keluar dari grafik.
Sumber: Buku Kimia Untuk Universitas, A. Hadyana Pudjaatmaka Ph.D.

Latihan 1.6

1. Diketahui unsur-unsur: $_{3}Li$, $_{4}Be$, $_{5}B$, $_{9}F$. Tentukan:
 a. unsur yang paling elektropositif
 b. unsur yang paling elektronegatif
 c. unsur yang mempunyai energi ionisasi terbesar
 d. unsur yang mempunyai jari-jari atom terbesar
 e. unsur yang terletak pada golongan IIIA
2. Diketahui unsur-unsur: $_{11}Na$, $_{19}K$, $_{37}Rb$, $_{55}Cs$. Tentukan:
 a. konfigurasi elektron unsur-unsur tersebut
 b. unsur yang mempunyai jari-jari atom terbesar
 c. unsur yang mempunyai energi ionisasi terbesar
 d. unsur yang mempunyai keelektronegatifan terbesar
 e. unsur yang paling elektropositif
3. Diketahui tabel unsur P, Q, dan R sebagai berikut.

Unsur	Titik Leleh	Titik Didih	Energi Ionisasi	Konfigurasi Elektron
P	–200 °C	–167 °C	1.600 kJ/mol	2, 7
Q	–230 °C	–233 °C	2.000 kJ/mol	2, 8
R	97 °C	890 °C	450 kJ/mol	2, 8, 1

 a. Bagaimana wujud P, Q, dan R pada suhu kamar?
 b. Pada golongan dan periode berapa unsur P, Q, dan R terletak pada sistem periodik unsur modern?
 c. Unsur manakah yang dapat menghantarkan arus listrik?
4. Sebutkan unsur-unsur logam dalam sistem periodik unsur modern!
5. Sebutkan unsur-unsur nonlogam dalam sistem periodik unsur modern!
6. Apakah yang dimaksud dengan unsur metaloid? Sebutkan contohnya!
7. Diketahui unsur $_{11}Na$ dan $_{17}Cl$. Unsur manakah yang mempunyai afinitas elektron terbesar? Jelaskan alasan Anda!

Kimia di Sekitar Kita

Hidrogen

Hidrogen berasal dari bahasa Yunani, yaitu *hydro* = air dan *genes* = pembentukan. Hidrogen telah banyak digunakan bertahun-tahun sebelum akhirnya dinyatakan sebagai unsur yang unik oleh **Cavendish** di tahun 1776. Elemen-elemen yang berat pada awalnya dibentuk dari atom-atom hidrogen atau dari elemen-elemen yang mulanya terbuat dari atom-atom hidrogen.

Hidrogen diperkirakan membentuk komposisi lebih dari 90% atom-atom di alam semesta (sama dengan $\frac{3}{4}$ massa alam semesta). Unsur ini ditemukan di bintang-bintang dan memainkan peranan yang penting dalam memberikan sumber energi jagat raya melalui reaksi proton-proton dan siklus karbon-nitrogen.

Walau hidrogen adalah benda gas, kita sangat jarang menemukannya di atmosfer bumi. Gas hidrogen yang sangat ringan akan berbenturan dengan unsur lain, jika tidak terkombinasi dengan unsur lain dan terkeluarkan dari lapisan atmosfer. Di bumi, hidrogen banyak ditemukan sebagai senyawa (air) di mana atom-atomnya berikatan dengan atom-atom oksigen, selain itu juga dapat ditemukan pada tumbuhan-tumbuhan, petroleum, arang, dan lain sebagainya.

Hidrogen merupakan satu-satunya unsur yang isotop-isotopnya memiliki nama tersendiri. Isotop hidrogen yang normal disebut *protium*, sedangkan isotop yang lain adalah *deuterium* (satu proton dan satu neutron) dan *tritium* (satu proton dan dua neutron).

Hidrogen dapat dipersiapkan dengan berbagai cara, antara lain:

- Uap dari elemen karbon yang dipanaskan.
- Dekomposisi beberapa jenis hidrokarbon dengan energi kalor.
- Reaksi-reaksi natrium dan kalium hidroksida pada aluminium.
- Elektrolisis air.
- Pergeseran asam-asam oleh logam-logam tertentu.

Hidrogen banyak digunakan untuk mengikat nitrogen dengan unsur lain dalam proses Haber (memproduksi amonia) dan untuk proses hidrogenasi lemak dan minyak. Selain itu juga digunakan untuk memproduksi metanol, di-dealkilasi hidrogen (*hydrodealkylation*), katalis *hydrocracking*, sulfurisasi hidrogen, bahan bakar roket, memproduksi asam hidroklorida, mereduksi bijih-bijih besi, dan sebagai gas pengisi balon.

Sumber artikel: Yulianto Mohsin (www.chem-is-try.org)

Rangkuman

1. Model atom yang digunakan untuk mempelajari tentang gambaran atom merupakan hasil rekaan para ahli berdasar data eksperimen dan kajian teoritis.
2. Konfigurasi elektron merupakan gambaran letak elektron dalam atom.
3. Partikel dasar penyusun atom adalah proton, neutron, dan elektron.
4. Sistem periodik unsur merupakan sistem pengelompokan unsur-unsur berdasarkan kenaikan nomor atom, dan dikelompokkan ke dalam golongan dan periode.
5. Penentuan golongan suatu unsur didasarkan pada jumlah elektron valensi yang dimiliki.
6. Penentuan periode suatu unsur didasarkan pada jumlah kulit yang terisi elektron.
7. Sifat-sifat periodik merupakan sifat yang berhubungan dengan letak unsur dalam sistem periodik.
8. Jari-jari atom dalam satu golongan dari atas ke bawah semakin panjang, dan dalam satu periode dari kiri ke kanan semakin pendek.
9. Energi ionisasi dalam satu golongan dari atas ke bawah semakin kecil, dan dalam satu periode dari kiri ke kanan semakin besar.
10. Afinitas elektron dalam satu golongan dari atas ke bawah semakin kecil, dan dalam satu periode dari kiri ke kanan semakin besar.
11. Keelektronegatifan dalam satu golongan dari atas ke bawah semakin kecil, dan dalam satu periode dari kiri ke kanan semakin besar.

Uji Kompetensi 2

I. Berilah tanda silang (X) huruf A, B, C, D, atau E pada jawaban yang benar!

1. Apabila unsur-unsur disusun menurut kenaikan massa atom relatifnya, ternyata unsur-unsur yang berselisih satu oktaf menunjukkan kemiripan sifat. Kenyataan ini ditemukan oleh
 A. J. W. Dobereiner
 B. A. R. Newlands
 C. D. I. Mendeleev
 D. Lothar Meyer
 E. Wilhelm Roentgen
2. Pernyataan yang ***salah*** mengenai sistem periodik bentuk panjang adalah
 A. periode 1 hanya berisi dua unsur
 B. periode 2 dan periode 3 masing-masing berisi 8 unsur
 C. periode 4 berisi 18 unsur
 D. periode 5 dan periode 6 masing-masing berisi 32 unsur
 E. periode 7 belum terisi penuh
3. Sistem periodik modern disusun berdasarkan
 A. sifat fisis unsur
 B. sifat kimia unsur
 C. susunan elektron unsur
 D. massa atom unsur
 E. berat atom unsur
4. Unsur-unsur yang terletak pada periode yang sama mempunyai
 A. elektron valensi yang sama
 B. jumlah kulit yang sama
 C. sifat fisis yang sama
 D. jumlah elektron yang sama
 E. sifat kimia yang sama
5. Unsur-unsur dalam satu golongan mempunyai
 A. jumlah elektron yang sama
 B. konfigurasi elektron yang sama
 C. elektron valensi yang sama
 D. sifat kimia yang sama
 E. jumlah kulit yang sama

6. Unsur-unsur halogen adalah golongan
 A. IA
 B. IIA
 C. VIA
 D. VIIA
 E. VIIIA
7. Nama golongan untuk unsur-unsur golongan IA adalah
 A. alkali
 B. alkali tanah
 C. halogen
 D. gas mulia
 E. golongan karbon
8. Magnesium ($Z = 12$) dan kalsium ($Z = 20$) memiliki sifat kimia yang sama. Hal ini disebabkan karena kedua unsur tersebut
 A. merupakan logam
 B. bukan merupakan logam
 C. memiliki tiga kulit
 D. terletak pada periode yang sama
 E. terletak pada golongan yang sama
9. Unsur yang ***tidak*** termasuk golongan gas mulia adalah … .
 A. He
 B. Ne
 C. Se
 D. Kr
 E. Rn
10. Kelompok-kelompok unsur berikut termasuk golongan unsur utama, ***kecuali*** … .
 A. Be, Mg, dan Ca
 B. Li, Na, dan K
 C. He, Ar, dan Kr
 D. F, Cl, dan Br
 E. Cu, Ag, dan Au
11. Dalam sistem periodik bentuk panjang, unsur transisi terletak antara golongan
 A. IIA dan IIB
 B. IIIB dan IIB
 C. IIA dan IIIA
 D. IA dan IIIA
 E. IIB dan IIIB
12. Jumlah unsur transisi yang terletak pada periode 5 adalah … .
 A. 6
 B. 8
 C. 10
 D. 14
 E. 18

13. Unsur dengan konfigurasi elektron: 2, 8, 2, dalam sistem periodik terletak pada … .
 A. periode 4, golongan IIA
 B. periode 4, golongan IIB
 C. periode 2, golongan IVA
 D. periode 2, golongan IVB
 E. periode 4, golongan IVA
14. Unsur dengan nomor atom 50, dalam sistem periodik terletak pada … .
 A. periode 4, golongan VA
 B. periode 5, golongan VA
 C. periode 5, golongan IVA
 D. periode 4, golongan IVA
 E. periode 5, golongan VIIA
15. Unsur *X* dengan nomor atom 35 mempunyai sifat sebagai berikut, ***kecuali*** … .
 A. tergolong logam
 B. mempunyai bilangan oksidasi –1
 C. membentuk molekul diatomik
 D. mempunyai 7 elektron valensi
 E. dapat bereaksi dengan logam membentuk garam
16. Sifat unsur yang ***tidak*** tergolong sifat periodik adalah … .
 A. energi ionisasi
 B. jari-jari atom
 C. keelektronegatifan
 D. afinitas elektron
 E. warna
17. Bertambahnya kereaktifan unsur-unsur alkali menurut urutan Li, Na, dan K disebabkan oleh bertambahnya … .
 A. jumlah elektron
 B. nomor atom
 C. jari-jari atom
 D. jumlah proton
 E. massa atom
18. Dalam urutan unsur $_{8}O$, $_{9}F$, dan $_{10}Ne$, jari-jari atom akan … .
 A. bertambah
 B. bekurang
 C. sama besar
 D. bertambah lalu berkurang
 E. berkurang lalu bertambah

19. Konfigurasi elektron dari unsur yang memiliki keelektronegatifan terbesar adalah … .
 A. 2, 5
 B. 2, 7
 C. 2, 8
 D. 2, 8, 1
 E. 2, 8, 8
20. Sifat logam yang paling kuat di antara unsur-unsur berikut dimiliki oleh … .
 A. aluminium
 B. natrium
 C. magnesium
 D. kalsium
 E. kalium
21. Energi ionisasi terbesar dimiliki oleh … .
 A. helium
 B. neon
 C. natrium
 D. argon
 E. kalium
22. Jika nomor atom dalam satu golongan makin kecil, maka yang bertambah besar adalah … .
 A. jari-jari atom
 B. massa atom
 C. jumlah elektron valensi
 D. energi ionisasi
 E. sifat logam
23. Keelektronegatifan suatu unsur adalah sifat yang menyatakan … .
 A. besarnya energi yang diperlukan untuk melepas 1 elektron pada pembentukan ion positif
 B. besarnya energi yang diperlukan untuk menyerap 1 elektron pada pembentukan ion negatif
 C. besarnya energi yang dibebaskan pada penyerapan 1 elektron untuk membentuk ion negatif
 D. besarnya kecenderungan menarik elektron pada suatu ikatan
 E. besarnya kecenderungan menarik elektron untuk membentuk ion negatif

24. Titik cair dan titik didih unsur-unsur periode kedua … .
 A. naik secara beraturan sepanjang periode
 B. naik bertahap sampai golongan IIIA, kemudian turun drastis
 C. naik bertahap sampai golongan IVA, kemudian turun teratur
 D. naik bertahap sampai golongan IVA, kemudian turun drastis
 E. turun secara beraturan sepanjang periode
25. Dalam sistem periodik dari atas ke bawah, titik leleh dan titik didih … .
 A. logam dan nonlogam bertambah
 B. logam dan nonlogam berkurang
 C. logam bertambah, dan nonlogam berkurang
 D. logam berkurang, dan nonlogam bertambah
 E. logam dan nonlogam tidak teratur perubahannya

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

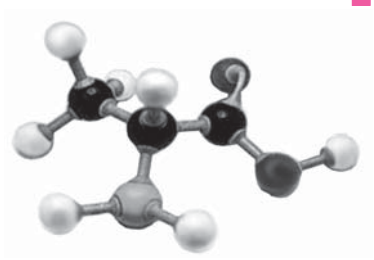
1. Jelaskan dasar pengelompokan unsur menurut Dobereiner!
2. Jelaskan dasar pengelompokan unsur menurut Newlands, beserta kelemahannya!
3. Jelaskan perbedaan pengelompokan unsur menurut Mendeleev dan Moseley!
4. Sebutkan kelebihan sistem periodik unsur Moseley!
5. Mengapa sistem periodik unsur modern juga disebut sistem periodik unsur bentuk panjang?
6. Pada sistem periodik unsur modern,
 a. Apa yang dimaksud dengan golongan?
 b. Apa yang dimaksud dengan periode?
 c. Dalam hubungan dengan konfigurasi elektron, bagaimana unsur-unsur dapat terletak pada golongan yang sama?
 d. Dalam hubungan dengan konfigurasi elektron, bagaimana unsur-unsur dapat terletak pada periode yang sama?
7. Sebutkan unsur-unsur golongan:
 a. alkali tanah
 b. halogen
 c. gas mulia
8. Terletak pada golongan dan periode berapa unsur-unsur berikut ini?

 $_{12}Mg$, $_{13}Al$, $_{14}Si$, $_{16}S$, $_{33}As$, $_{38}Sr$, $_{50}Sn$, $_{54}Xe$, $_{83}Bi$, $_{88}Ra$

9. Ion Br^- mempunyai konfigurasi elektron: 2, 8, 18, 8. Tentukan golongan dan periode unsur bromin!
10. Jelaskan yang dimaksud dengan:
 a. jari-jari atom
 b. energi ionisasi
 c. keelektronegatifan
 d. afinitas elektron
11. Diketahui unsur $_{31}Ga$, $_{32}Ge$, $_{35}Br$, dan $_{36}Kr$. Urutkan dari yang terkecil hingga yang terbesar tentang:
 a. jari-jari atom
 b. energi ionisasi
 c. keelektronegatifan
 d. afinitas elektron
12. Diketahui unsur $_{9}F$, $_{17}Cl$, $_{35}Br$, dan $_{53}I$. Urutkan dari yang terkecil hingga yang terbesar tentang:
 a. jari-jari atom
 b. energi ionisasi
 c. keelektronegatifan
 d. afinitas elektron
13. Pada sistem periodik unsur modern, bagaimana sifat logam unsur-unsur pada golongan:
 a. IA
 b. IIA
 c. VIIA
 d. VIIIA
14. Mengapa jari-jari atom $_{13}Al$ lebih kecil daripada jari-jari atom $_{12}Mg$ dalam periode yang sama?
15. Mengapa unsur-unsur golongan VIIA (halogen) mempunyai afinitas elektron terbesar?

BAB 2

Ikatan Kimia



Tujuan Pembelajaran:

Setelah mempelajari bab ini, Anda diharapkan mampu:

1. Menjelaskan pengertian ikatan kimia.
2. Menyebutkan macam-macam ikatan kimia.
3. Menjelaskan proses terjadinya ikatan ionik.
4. Memberikan contoh senyawa-senyawa ionik.
5. Memperkirakan rumus senyawa ionik yang terbentuk dari reaksi unsur logam dan unsur nonlogam.
6. Menjelaskan proses terjadinya ikatan kovalen.
7. Memberikan contoh senyawa-senyawa kovalen.
8. Menjelaskan pengertian ikatan kovalen koordinasi.
9. Menuliskan rumus struktur Lewis dari senyawa kovalen.
10. Menentukan jenis ikatan kimia dari beberapa rumus senyawa kimia.
11. Menjelaskan terjadinya polarisasi ikatan kovalen.
12. Menjelaskan proses terjadinya ikatan logam.

Kata Kunci

Konfigurasi oktet, gas mulia, aturan oktet, ikatan ion, rumus Lewis, ikatan kovalen, kovalen koordinasi, kovalen polar, dan ikatan logam.

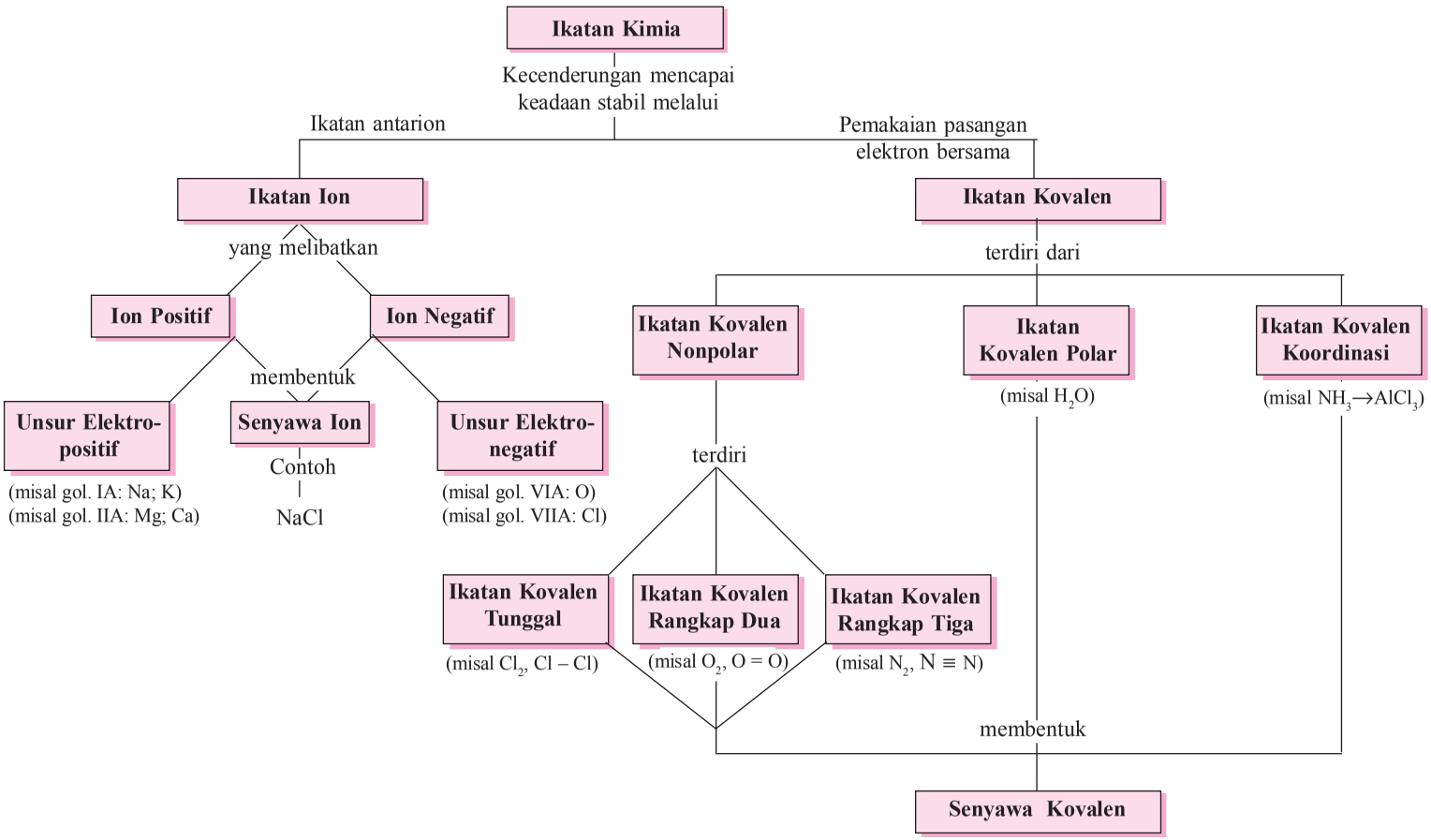
Pengantar

Pada bab struktur atom dan sistem periodik unsur, Anda sudah mempelajari bahwa sampai saat ini jumlah unsur yang dikenal manusia, baik unsur alam maupun unsur sintetis telah mencapai sebanyak 118 unsur. Tahukah Anda bahwa di alam semesta ini sangat jarang sekali ditemukan atom berdiri sendirian, tapi hampir semuanya berikatan dengan dengan atom lain dalam bentuk senyawa, baik senyawa kovalen maupun senyawa ionik. Pernahkah Anda membayangkan berapa banyak senyawa yang dapat terbentuk di alam semesta ini? Mengapa atom-atom tersebut dapat saling berikatan satu dengan yang lain? Apakah setiap atom pasti dapat berikatan dengan atom-atom lain? Apakah ikatan antaratom dalam senyawa – senyawa di alam ini semuanya sama? Untuk mengetahui jawaban dari pertanyaan-pertanyaan tersebut, Anda harus mempelajari bab *Ikatan kimia* ini.

Pada bab ini Anda akan mempelajari apakah ikatan kimia itu, mengapa atom-atom dapat saling berikatan, apa saja jenis-jenis ikatan kimia, dan lain-lain.

Peta Konsep

Ikatan Kimia



Gaya yang mengikat atom-atom dalam molekul atau gabungan ion dalam setiap senyawa disebut *ikatan kimia*. Konsep ini pertama kali dikemukakan pada tahun 1916 oleh **Gilbert Newton Lewis** (1875-1946) dari Amerika dan **Albrecht Kossel** (1853-1927) dari Jerman (Martin S. Silberberg, 2000).

Konsep tersebut adalah:

1. Kenyataan bahwa gas-gas mulia (He, Ne, Ar, Kr, Xe, dan Rn) sukar membentuk senyawa merupakan bukti bahwa gas-gas mulia memiliki susunan elektron yang stabil.
2. Setiap atom mempunyai kecenderungan untuk memiliki susunan elektron yang stabil seperti gas mulia. Caranya dengan melepaskan elektron atau menangkap elektron.
3. Untuk memperoleh susunan elektron yang stabil hanya dapat dicapai dengan cara berikatan dengan atom lain, yaitu dengan cara melepaskan elektron, menangkap elektron, maupun pemakaian elektron secara bersama-sama.

2.1 Konfigurasi Elektron Gas Mulia

Dibandingkan dengan unsur-unsur lain, unsur gas mulia merupakan unsur yang paling stabil. Kestabilan ini disebabkan karena susunan elektronnya berjumlah 8 elektron di kulit terluar, kecuali helium (mempunyai konfigurasi elektron penuh). Hal ini dikenal dengan *konfigurasi oktet*, kecuali helium dengan *konfigurasi duplet*.

Tabel 2.1 Konfigurasi Elektron Unsur-unsur Gas Mulia

Periode	Unsur	Nomor Atom	Kulit					
			K	L	M	N	O	P
1	He	2	2					
2	Ne	10	2	8				
3	Ar	18	2	8	8			
4	Kr	36	2	8	18	8		
5	Xe	54	2	8	18	18	8	
6	Rn	86	2	8	18	32	18	8

Unsur-unsur lain dapat mencapai konfigurasi oktet dengan membentuk ikatan agar dapat menyamakan konfigurasi elektronnya dengan konfigurasi elektron gas mulia terdekat. Kecenderungan ini disebut *aturan oktet*. Konfigurasi oktet (konfigurasi stabil gas mulia) dapat dicapai dengan melepas, menangkap, atau memasangkan elektron.

Dalam mempelajari materi ikatan kimia ini, kita juga perlu memahami terlebih dahulu tentang lambang Lewis. *Lambang Lewis* adalah lambang atom disertai elektron valensinya. Elektron dalam lambang Lewis dapat dinyatakan dalam titik atau silang kecil (James E. Brady, 1990).

Tabel 2.2 Lambang Lewis Unsur-unsur Periode 2 dan 3

	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
Periode 2	Li·	·Be·	·Ḃ·	·Ċ·	:Ṅ·	:Ȯ·	:F̈·	:N̈e:
Periode 3	Na·	·Mg·	·Ȧl·	·Ṡi·	:P̈·	:S̈·	:C̈l·	:Är:

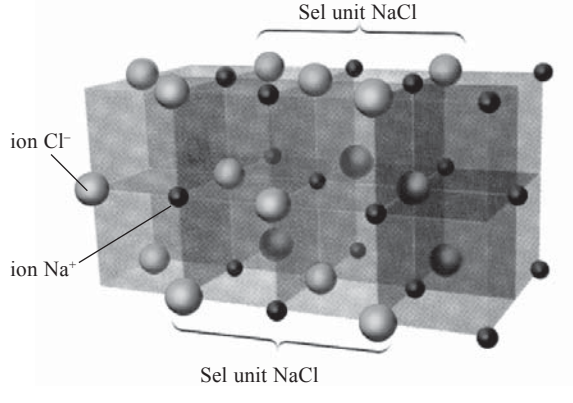
2.2 Ikatan Ion

Ikatan ion adalah ikatan yang terjadi akibat perpindahan elektron dari satu atom ke atom lain (James E. Brady, 1990). Ikatan ion terbentuk antara atom yang melepaskan elektron (logam) dengan atom yang menangkap elektron (bukan logam). *Atom logam*, setelah *melepaskan elektron* berubah menjadi *ion positif*. Sedangkan *atom bukan logam*, setelah *menerima elektron* berubah menjadi *ion negatif*. Antara ion-ion yang berlawanan muatan ini terjadi tarik-menarik (gaya elektrostastis) yang disebut *ikatan ion* (ikatan elektrovalen).

Ikatan ion merupakan ikatan yang relatif kuat. Pada suhu kamar, semua senyawa ion berupa zat padat kristal dengan struktur tertentu. Dengan mengunakan lambang Lewis, pembentukan NaCl digambarkan sebagai berikut.

$$Na^{\times} + \cdot\ddot{Cl}: \longrightarrow Na^{+} + {}_{\times}\ddot{Cl}:^{-} \longrightarrow NaCl$$

NaCl mempunyai struktur yang berbentuk kubus, di mana tiap ion Na^+ dikelilingi oleh 6 ion Cl^- dan tiap ion Cl^- dikelilingi oleh 6 ion Na^+.



Gambar 2.1 Sebagian kisi kristal raksasa dari natrium klorida. (Sumber: Buku Chemistry, The Moleculer Nature of Matter and Change, Martin S. Silberberg, USA)

Senyawa ion dapat diketahui dari beberapa sifatnya, antara lain:

1. Merupakan zat padat dengan titik leleh dan titik didih yang relatif tinggi. Sebagai contoh, NaCl meleleh pada 801 °C.
2. Rapuh, sehingga hancur jika dipukul.
3. Lelehannya menghantarkan listrik.
4. Larutannya dalam air dapat menghantarkan listrik.

Contoh lain pembentukan ikatan ion sebagai berikut.

a. Pembentukan $MgCl_2$

Mg (Z = 12) dan Cl (Z = 17) mempunyai konfigurasi elektron sebagai berikut.

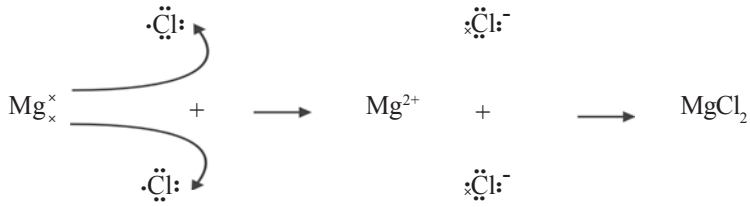
- Mg : 2, 8, 2
- Cl : 2, 8, 7

Mg dapat mencapai konfigurasi gas mulia dengan melepas 2 elektron, sedangkan Cl dengan menangkap 1 elektron. Atom Mg berubah menjadi ion Mg^{2+}, sedangkan atom Cl menjadi ion Cl^-.

- $Mg\ (2, 8, 2) \longrightarrow Mg^{2+}\ (2, 8) + 2\ e^-$
 (konfigurasi elektron ion Mg^{2+} sama dengan neon)
- $Cl\ (2, 8, 7) + e^- \longrightarrow Cl^-\ (2, 8, 8)$
 (konfigurasi elektron ion Cl^- sama dengan argon)

Ion Mg^{2+} dan ion Cl^- kemudian bergabung membentuk senyawa dengan rumus $MgCl_2$.

Dengan menggunakan lambang Lewis, pembentukan $MgCl_2$ dapat digambarkan sebagai berikut.



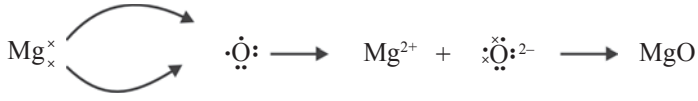
b. Ikatan antara atom $_{12}Mg$ dan $_8O$ dalam MgO

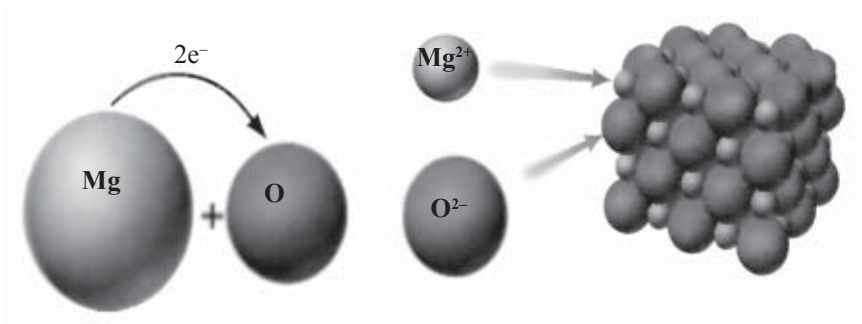
Konfigurasi elektron Mg dan O adalah:

Mg : 2, 8, 2 (melepas 2 elektron)

O : 2, 6 (menangkap 2 elektron)

Atom O akan memasangkan 2 elektron, sedangkan atom Mg juga akan memasangkan 2 elektron.





Gambar 2.2 Konfigurasi elektron Mg dan O. (Sumber: Buku Chemistry, The Moleculer Nature of Matter and Change, Martin S. Silberberg, USA)

c . Ikatan ion pada $_{19}K$ dan $_{8}O$ dalam K_2O
Konfigurasi elektron:
K : 2, 8, 8, 1 (melepas 1 elektron) membentuk K^+
O : 2, 6 (menerima 2 elektron) membentuk O^{2-}
$2\ K^+ + O^{2-} \longrightarrow K_2O$

d. Ikatan ion pada Fe (elektron valensi 3) dengan Cl (elektron valensi 7) membentuk $FeCl_3$
Fe mempunyai elektron valensi 3 akan membentuk Fe^{3+}
Cl mempunyai elektron valensi 7 akan membentuk Cl^-
$Fe^{3+} + 3\ Cl^- \longrightarrow FeCl_3$

Catatan

Unsur-unsur Golongan	Elektron Valensi	Jenis Unsur	Membentuk Ion
IA	1	logam	1+
IIA	2	logam	2+
IIIA	3	logam	3+
VA	5	nonlogam	3–
VIA	6	nonlogam	2–
VIIA	7	nonlogam	1–

Latihan 2.1

1. Mengapa unsur-unsur golongan VIIIA (gas mulia) bersifat stabil?
2. Mengapa unsur-unsur selain golongan VIIIA (gas mulia) bersifat tidak stabil?
3. Bagaimana cara unsur-unsur selain golongan VIIIA mencapai kestabilan atau mencapai hukum oktet?
4. Sebutkan macam-macam ikatan kimia yang Anda ketahui!
5. Apa yang dimaksud dengan ikatan ion?
6. Apakah syarat terjadinya ikatan ion?
7. Jelaskan terjadinya ikatan ion dan tulislah ikatan ion yang terjadi pada:
 a. Mg ($Z = 12$) dengan F ($Z = 9$)
 b. Ba ($Z = 56$) dengan Cl ($Z = 17$)
 c. Ca ($Z = 20$) dengan S ($Z = 16$)
 d. Fe (elektron valensi = 3) dengan Cl (elektron valensi = 7)
 e. Zn (elektron valensi = 2) dengan Br (elektron valensi = 7)
 f. Cr (elektron valensi = 3) dengan O (elektron valensi = 6)
 g. Al (golongan IIIA) dengan S (golongan VIA)
 h. Ca (golongan IIA) dengan N (golongan VA)
 i. K (golongan IA) dengan I (golongan VIIA)
 j. Na (golongan IA) dengan S (golongan VIA)

2.3 Ikatan Kovalen

Ikatan kovalen adalah ikatan yang terjadi akibat pemakaian pasangan elektron secara bersama-sama oleh dua atom (James E. Brady, 1990). Ikatan kovalen terbentuk di antara dua atom yang sama-sama ingin menangkap elektron (sesama atom bukan logam).

Cara atom-atom saling mengikat dalam suatu molekul dinyatakan oleh rumus bangun atau rumus struktur. Rumus struktur diperoleh dari rumus Lewis dengan mengganti setiap pasangan elektron ikatan dengan sepotong garis. Misalnya, rumus bangun H_2 adalah H – H.

Contoh:

a. Ikatan antara atom H dan atom Cl dalam HCl

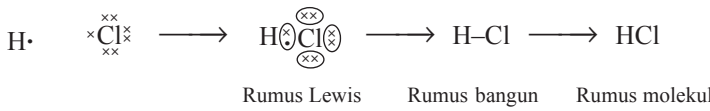
Konfigurasi elektron H dan Cl adalah:

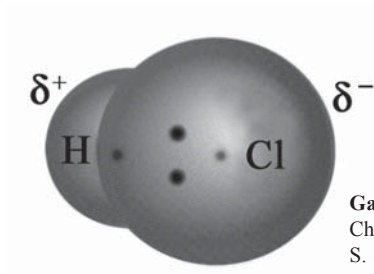
H : 1 (memerlukan 1 elektron)

Cl : 2, 8, 7 (memerlukan 1 elektron)

Masing-masing atom H dan Cl memerlukan 1 elektron, jadi 1 atom H akan berpasangan dengan 1 atom Cl.

Lambang Lewis ikatan H dengan Cl dalam HCl





Gambar 2.3 Ikatan Kovalen Tunggal pada HCl. (Sumber: Chemistry, The Moleculer Nature of Matter and Change, Martin S. Silberberg, USA)

b . Ikatan antara atom H dan atom O dalam H_2O

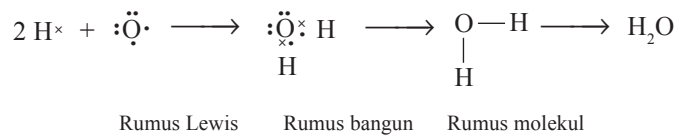
Konfigurasi elektron H dan O adalah:

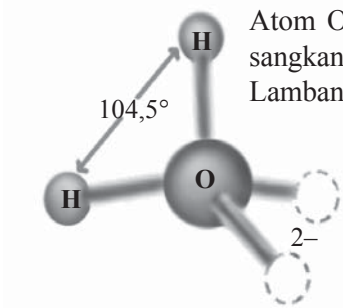
H : 1 (memerlukan 1 elektron)

O : 2, 6 (memerlukan 2 elektron)

Atom O harus memasangkan 2 elektron, sedangkan atom H hanya memasangkan 1 elektron. Oleh karena itu, 1 atom O berikatan dengan 2 atom H.

Lambang Lewis ikatan antara H dengan O dalam H_2O

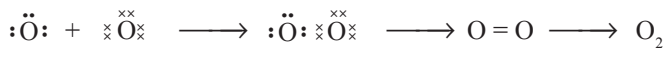


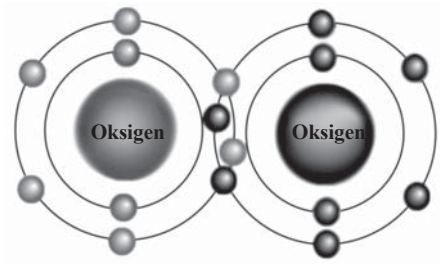


Gambar 2.4 Ikatan Kovalen Tunggal pada H_2O. Sumber: www.yahooimage.com

Dua atom dapat membentuk ikatan dengan sepasang, dua pasang, atau tiga pasang elektron bergantung pada jenis unsur yang berikatan. Ikatan kovalen yang hanya melibatkan sepasang elektron disebut *ikatan tunggal* (dilambangkan dengan satu garis), sedangkan ikatan kovalen yang melibatkan lebih dari sepasang elektron disebut *ikatan rangkap*. Ikatan yang melibatkan dua pasang elektron disebut *ikatan rangkap dua* (dilambangkan dengan dua garis), sedangkan ikatan yang melibatkan tiga pasang elektron disebut *ikatan rangkap tiga* (dilambangkan dengan tiga garis).

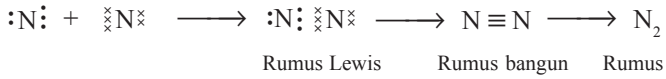
c. Ikatan rangkap dua dalam molekul oksigen (O_2)
Oksigen (Z = 8) mempunyai 6 elektron valensi, sehingga untuk mencapai konfigurasi oktet harus memasangkan 2 elektron. Pembentukan ikatannya dapat digambarkan sebagai berikut.
Lambang Lewis ikatan O_2

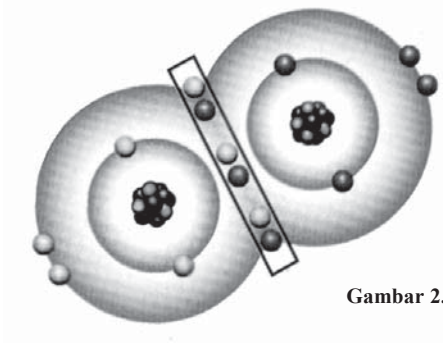




Gambar 2.5 Ikatan kovalen rangkap dua pada O_2
(Sumber: www.yahooimage.com)

d. Ikatan rangkap tiga dalam molekul N_2
Nitrogen mempunyai 5 elektron valensi, jadi harus memasangkan 3 elektron untuk mencapai konfigurasi oktet. Pembentukan ikatannya dapat digambarkan sebagai berikut.
Lambang Lewis ikatan N_2

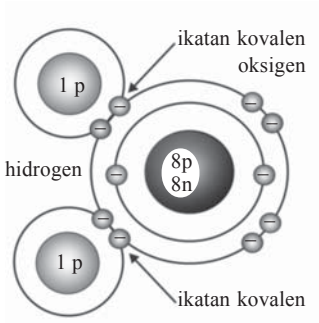




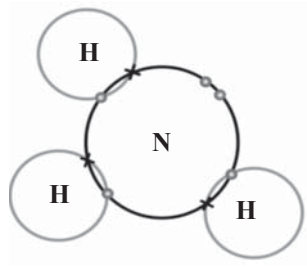
Gambar 2.6 Ikatan Kovalen Rangkap Tiga pada N_2

Pasangan elektron yang dipakai bersama-sama disebut *pasangan elektron ikatan* (PEI), sedangkan yang tidak dipakai bersama-sama dalam ikatan disebut *pasangan elektron bebas* (PEB). Misalnya:

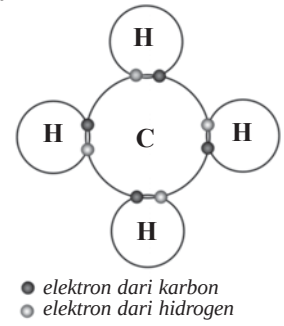
- Molekul H_2O mengandung 2 PEI dan 2 PEB
- Molekul NH_3 mengandung 3 PEI dan 1 PEB
- Molekul CH_4 mengandung 4 PEI dan tidak ada PEB



Gambar 2.6 Ikatan kovalen pada H_2O
(Sumber: www.yahooimage.com)



Gambar 2.7 Ikatan kovalen pada NH_3
(Sumber: www.yahooimage.com)



Gambar 2.8 Ikatan kovalen pada CH_4
(Sumber: www.yahooimage.com)

A. Ikatan Kovalen Koordinasi

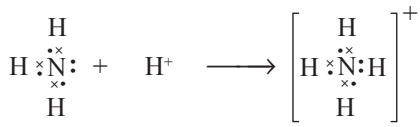
Ikatan kovalen koordinasi adalah ikatan kovalen di mana pasangan elektron yang dipakai bersama hanya disumbangkan oleh satu atom, sedangkan atom yang satu lagi tidak menyumbangkan elektron.

Ikatan kovalen koordinasi hanya dapat terjadi jika salah satu atom mempunyai pasangan elektron bebas (PEB).

Contoh:

Atom N pada molekul amonia, NH_3, mempunyai satu PEB. Oleh karena itu molekul NH_3 dapat mengikat ion H^+ melalui ikatan kovalen koordinasi, sehingga menghasilkan ion amonium, NH_4^+.

Dalam ion NH_4^+ terkandung empat ikatan, yaitu tiga ikatan kovalen dan satu ikatan kovalen koordinasi.



B. Polarisasi Ikatan Kovalen

Kedudukan pasangan elektron ikatan tidak selalu simetris terhadap kedua atom yang berikatan. Hal ini disebabkan karena setiap unsur mempunyai daya tarik elektron (keelektronegatifan) yang berbeda-beda. Salah satu akibat dari keelektronegatifan adalah terjadinya polarisasi pada ikatan kovalen.

Perhatikan kedua contoh berikut ini.



(a) (b)

Pada contoh (a), kedudukan pasangan elektron ikatan sudah pasti simetris terhadap kedua atom H. Dalam molekul H_2 tersebut muatan negatif (elektron) tersebar homogen. Hal ini dikenal dengan *ikatan kovalen nonpolar*. Pada contoh (b), pasangan elektron ikatan tertarik lebih dekat ke atom Cl karena Cl mempunyai daya tarik elektron lebih besar daripada H. Hal ini menyebabkan adanya polarisasi pada HCl, di mana atom Cl lebih negatif daripada atom H. Ikatan seperti ini dikenal dengan *ikatan kovalen polar*.

Kepolaran dinyatakan dengan *momen dipol* (μ), yaitu hasil kali antara muatan (Q) dengan jarak (r).

$$\mu = Q \times r$$

Satuan momen dipol adalah debye (D), di mana 1 D = $3{,}33 \times 10^{-30}$ C m. Momen dipol dari beberapa senyawa diberikan dalam tabel 2.3.

Tabel 2.3 Momen Dipol Beberapa Zat

Senyawa	Perbedaan Keelektronegatifan	Momen Dipol (D)
HF	1,8	1,91
HCl	1,0	1,03
HBr	0,8	0,79
HI	0,5	0,38

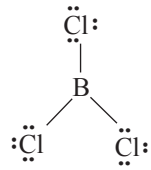
2.4 Pengecualian dan Kegagalan Aturan Oktet

Walaupun aturan oktet banyak membantu dalam meramalkan rumus kimia senyawa biner sederhana, akan tetapi aturan itu ternyata banyak dilanggar dan gagal dalam meramalkan rumus kimia senyawa dari unsur-unsur transisi dan postransisi.

A. Pengecualian Aturan Oktet

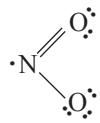
Pengecualian aturan oktet dapat dibagi dalam tiga kelompok sebagai berikut.

1. Senyawa yang tidak mencapai aturan oktet.
 Senyawa yang atom pusatnya mempunyai elektron valensi kurang dari 4 termasuk dalam kelompok ini. Hal ini menyebabkan setelah semua elektron valensinya dipasangkan tetap belum mencapai oktet. Contohnya adalah $BeCl_2$, BCl_3, dan $AlBr_3$.

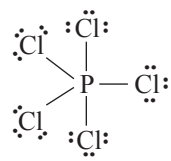


(atom B belum oktet)

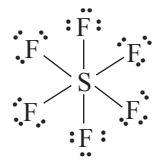
2. Senyawa dengan jumlah elektron valensi ganjil.
 Contohnya adalah NO_2, yang mempunyai elektron valensi (5 + 6 + 6) = 17. Kemungkinan rumus Lewis untuk NO_2 sebagai berikut.



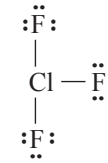
3. Senyawa yang melampaui aturan oktet.
 Ini terjadi pada unsur-unsur periode 3 atau lebih yang dapat menampung lebih dari 8 elektron pada kulit terluarnya (ingat, kulit M dapat menampung hingga 18 elektron). Beberapa contoh adalah PCl_5, SF_6, ClF_3, IF_7, dan $SbCl_5$.
 Perhatikan rumus Lewis dari PCl_5, SF_6, dan ClF_3 berikut ini.



PCl_5



SF_6



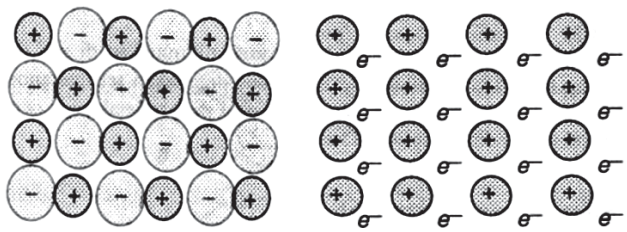
ClF_3

B. Kegagalan Aturan Oktet

Aturan oktet gagal meramalkan rumus kimia senyawa dari unsur transisi maupun postransisi. *Unsur postransisi* adalah unsur logam setelah unsur transisi, misalnya Ga, Sn, dan Bi. Sn mempunyai 4 elektron valensi, tetapi senyawanya lebih banyak dengan tingkat oksidasi +2. Begitu juga Bi yang mempunyai 5 elektron valensi, tetapi senyawanya lebih banyak dengan tingkat oksidasi +1 dan +3. Pada umumnya, unsur transisi maupun unsur postransisi tidak memenuhi aturan oktet.

2.5 Ikatan Logam

Ikatan elektron-elektron valensi dalam atom logam bukanlah ikatan ion, juga bukan ikatan kovalen sederhana. Suatu logam terdiri dari suatu kisi ketat dari ion-ion positif dan di sekitarnya terdapat lautan (atmosfer) elektron-elektron valensi. Elektron valensi ini terbatas pada permukaan-permukaan energi tertentu, namun mempunyai cukup kebebasan, sehingga elektron-elektron ini tidak terus-menerus digunakan bersama oleh dua ion yang sama. Bila diberikan energi, elektron-elektron ini mudah dioperkan dari atom ke atom. Sistem ikatan ini unik bagi logam dan dikenal sebagai *ikatan logam*.



Gambar 2.9 Ikatan logam. (Sumber: Kimia untuk Universitas Jilid 1, A. Hadyana Pudjaatmaka).

Latihan 2.2

1. Apakah yang dimaksud dengan ikatan kovalen?
2. Tentukan jenis ikatan pada senyawa berikut ini, tergolong ikatan ion atau ikatan kovalen.
 a. HCl
 b. H_2SO_4
 c. K_2O
 d. H_2CO_3
 e. CH_3Cl
 f. Ag_2O
 g. FeS
 h. $Ca(NO_3)_2$
 i. $BaBr_2$
 j. $C_6H_{12}O_6$
3. Gambarkan dengan struktur Lewis terjadinya ikatan kovalen berikut dan sebutkan macam ikatan kovalen tunggal atau rangkap.
 a. Cl_2 (nomor atom Cl = 17)
 b. F_2 (nomor atom F = 9)
 c. CH_4 (nomor atom C = 6, H = 1)
 d. H_2S (nomor atom H = 1, S = 16)
 e. CCl_4 (nomor atom C = 6, Cl = 17)
 f. CS_2 (nomor atom C = 6, S = 16)
 g. C_2H_2 (nomor atom C = 6, H = 1)
 h. C_2H_4 (nomor atom C = 6, H = 1)
 i. C_2H_6 (nomor atom C = 6, H = 1)
 j. PCl_3 (nomor atom P = 15, Cl = 17)
4. Sebutkan keistimewaan atom karbon!
5. Jelaskan perbedaan antara senyawa kovalen polar dengan kovalen nonpolar!
6. Sebutkan contoh senyawa polar dan nonpolar!
7. Mengapa terjadi kegagalan hukum oktet? Sebutkan contoh senyawa yang termasuk kegagalan hukum oktet!
8. Jelaskan terjadinya ikatan logam!
9. Mengapa logam dapat menghantarkan panas dan listrik?
10. Mengapa logam memiliki titik leleh dan titik didih tinggi?

Rangkuman

1. Unsur-unsur stabil dalam sistem periodik terletak pada golongan gas mulia, di mana unsur-unsur pada golongan ini memiliki elektron valensi duplet (He) dan oktet (Ne, Ar, Kr, Xe, dan Rn).
2. Seluruh unsur yang ada dalam sistem periodik mempunyai keinginan untuk mencapai kestabilan, dengan jalan melepaskan elektron, menangkap elektron, maupun dengan jalan menggunakan bersama pasangan elektron.
3. Ikatan ion terjadi bila ada serah terima elektron antara atom yang melepaskan elektron (atom unsur logam) dengan atom yang menangkap elektron (atom unsur nonlogam).
4. Ikatan kovalen terjadi pada atom-atom yang masih memerlukan elektron (kekurangan elektron) untuk menjadi stabil. Untuk mencapai kestabilan, atom-atom ini menggunakan bersama pasangan elektronnya.
5. Apabila salah satu atom unsur menyumbangkan pasangan elektronnya untuk digunakan bersama dengan atom lain, di mana atom lain ini tidak memiliki elektron, maka ikatan yang terjadi disebut ikatan kovalen koordinasi.
6. Ikatan kovalen yang terjadi antara dua atom yang berbeda keelektronegatifannya disebut sebagai ikatan kovalen polar, sedang bila terjadi pada dua atom yang memiliki keelektronegatifan yang sama disebut ikatan kovalen nonpolar.
7. Dalam atom-atom unsur logam, ikatan yang terjadi antarelektron valensinya disebut sebagai ikatan logam.

Uji Kompetensi

I. Berilah tanda silang (X) huruf A, B, C, D, atau E pada jawaban yang paling benar!

1. Susunan elektron valensi gas mulia di bawah ini adalah oktet, ***kecuali*** … .
 A. Xe
 B. Kr
 C. Ar
 D. Ne
 E. He
2. Kestabilan gas mulia dijadikan patokan atom-atom yang lain, sehingga atom-atom tersebut berusaha mencapai konfigurasi elektron seperti gas mulia terdekat dengan melakukan cara-cara di bawah ini, ***kecuali*** … .
 A. pelepasan elektron
 B. penangkapan elektron
 C. memasangkan elektron
 D. menerima pasangan elektron
 E. menerima minimal dua pasang elektron
3. Unsur dengan konfigurasi elektron: 2, 8, 8, 2, jika akan mengikat unsur lain untuk membentuk senyawa, maka langkah terbaik dengan … .
 A. pelepasan 1 elektron, sehingga bermuatan 1+
 B. pelepasan 2 elektron, sehingga bermuatan 2+
 C. penangkapan 1 elektron, sehingga bermuatan 1–
 D. penangkapan 2 elektron, sehingga bermuatan 2–
 E. memasangkan 2 elektron dengan 2 elektron lainnya
4. Suatu unsur dengan konfigurasi elektron: 2, 6. Kecenderungan unsur tersebut bila akan berikatan dengan unsur lain adalah … .
 A. pelepasan 2 elektron, sehingga bermuatan 2+
 B. pelepasan 4 elektron, sehingga bermuatan 4+
 C. penyerapan 2 elektron, sehingga bermuatan 2–
 D. penyerapan 4 elektron, sehingga bermuatan 4–
 E. memasangkan 6 elektron
5. Atom $_{12}$A mempunyai ciri … .
 A. elektron valensi 4
 B. cenderung melepas 4 elektron
 C. terdapat 2 elektron pada kulit terluar
 D. cenderung menangkap 4 elektron
 E. cenderung memasangkan 4 elektron
6. Unsur-unsur berikut membentuk ion positif, ***kecuali*** … .
 A. $_{11}$Na
 B. $_{19}$K
 C. $_{20}$Ca
 D. $_{35}$Br
 E. $_{37}$Rb

7. Diketahui data suatu senyawa adalah:
 (i) berikatan ion
 (ii) rumus ikatan XY_2
 (iii) jika dilarutkan dalam air menghantarkan listrik

 Dari data tersebut, *X* adalah unsur golongan … .
 A. IA
 B. IIA
 C. IIIA
 D. VIA
 E. VIIA

8. Di antara unsur-unsur golongan IVA yang memiliki sifat istimewa karena dapat membentuk rantai ikatan adalah unsur … .
 A. silikon
 B. arsen
 C. karbon
 D. antimon
 E. bismut

9. Kecenderungan atom bermuatan positif adalah … .
 A. afinitas elektronnya besar
 B. energi ionisasinya kecil
 C. keelektronegatifannya besar
 D. energi ionisasinya besar
 E. keelektronegatifannya sedang

10. Unsur berikut ini yang cenderung menangkap elektron adalah … .
 A. $_{11}Na$
 B. $_{12}Mg$
 C. $_{13}Al$
 D. $_{16}S$
 E. $_{18}Ar$

11. Diketahui unsur $_7N$, $_8O$, $_9F$, $_{10}Ne$, $_{11}Na$, $_{12}Mg$, $_{16}S$, $_{19}K$, dan $_{20}Ca$. Pasangan di bawah ini mempunyai elektron valensi sama, ***kecuali*** … .
 A. K^+ dan Ca^{2+}
 B. Mg^{2+} dan S^{2-}
 C. N^- dan F^+
 D. Na^+ dan O^-
 E. Ne^+ dan O^-

12. Ikatan yang terjadi antara atom yang sangat elektropositif dengan atom yang sangat elektronegatif disebut ikatan … .
 A. ion
 B. kovalen tunggal
 C. kovalen rangkap dua
 D. kovalen rangkap tiga
 E. kovalen koordinasi

13. Unsur $_{19}X$ bereaksi dengan $_{16}Y$ membentuk senyawa dengan ikatan … dan rumus kimia … .
 A. ion; XY
 B. ion; XY_2
 C. ion; X_2Y
 D. kovalen; XY
 E. kovalen; X_2Y

14. Unsur *X* dengan konfigurasi: 2, 8, 8, 2, akan berikatan dengan unsur *Y* dengan konfigurasi: 2, 8, 18, 7. Rumus kimia dan jenis ikatan yang terjadi adalah … .
 A. *XY*, ion
 B. XY_2, ion
 C. X_2Y, ion
 D. *XY*, kovalen
 E. XY_2, kovalen

15. Diketahui beberapa unsur dengan nomor atom sebagai berikut. $_{9}X$, $_{11}Y$, $_{16}Z$, $_{19}A$, dan $_{20}B$. Pasangan unsur yang dapat membentuk ikatan ion adalah … .
 A. *A* dan *X*
 B. *A* dan *Y*
 C. *A* dan *B*
 D. *X* dan *Z*
 E. *B* dan *Y*

16. Kelompok senyawa berikut ini yang seluruhnya berikatan ion adalah … .
 A. $CaCl_2$, CaO, H_2O, dan N_2O
 B. $MgCl_2$, SrO, NO_2, dan SO_2
 C. KCl, CaO, NaCl, dan $MgCl_2$
 D. KCl, NaCl, $SrCl_2$, dan PCl_5
 E. $BaCl_2$, $CaCl_2$, CaO, dan SF_6

17. Pasangan senyawa berikut ini mempunyai ikatan kovalen, ***kecuali*** … .
 A. H_2SO_4 dan NH_3
 B. H_2O dan HCl
 C. CH_4 dan KCl
 D. HNO_3 dan CO_2
 E. SO_3 dan PCl_5

18. Diketahui unsur-unsur: $_{8}A$, $_{12}B$, $_{13}C$, $_{16}D$, dan $_{17}E$. Pasangan berikut yang mempunyai ikatan kovalen adalah … .
 A. *A* dan *D*
 B. *B* dan *C*
 C. *B* dan *D*
 D. *C* dan *D*
 E. *C* dan *E*

19. Kelompok senyawa di bawah ini yang semuanya berikatan kovalen adalah … .
 A. Cl_2O_7, CO_2, HCl, dan NaCl
 B. SO_2, SO_3, CH_4, dan $CaCl_2$
 C. Ag_2O, N_2O_3, C_2H_2, dan CO_2
 D. H_2O, HCl, SF_6, dan CCl_4
 E. NH_3, NO_2, CO, dan MgO

20. Molekul unsur berikut yang mempunyai ikatan kovalen rangkap dua adalah … .
 A. H_2 (nomor atom H = 1)
 B. O_2 (nomor atom O = 8)
 C. N_2 (nomor atom N = 7)
 D. F_2 (nomor atom F = 9)
 E. Cl_2 (nomor atom Cl = 17)

21. Molekul unsur berikut yang mempunyai ikatan kovalen rangkap tiga adalah … .
 A. H_2 (nomor atom H = 1)
 B. O_2 (nomor atom O = 8)
 C. N_2 (nomor atom N = 7)
 D. F_2 (nomor atom F = 9)
 E. Cl_2 (nomor atom Cl = 17)

22. Senyawa berikut mempunyai ikatan kovalen tunggal, ***kecuali*** … .
 A. H_2O (nomor atom H = 1 dan O = 8)
 B. HCl (nomor atom H = 1 dan Cl = 17)
 C. NH_3 (nomor atom N = 7 dan H = 1)
 D. CH_4 (nomor atom C = 6 dan H = 1)
 E. CO_2 (nomor atom C = 6 dan O = 8)

23. Senyawa berikut yang mempunyai 2 buah ikatan kovalen rangkap dua adalah…
 A. SO_2 (nomor atom S = 16 dan O = 8)
 B. SO_3 (nomor atom S = 16 dan O = 8)
 C. CO_2 (nomor atom C = 6 dan O = 8)
 D. NO_2 (nomor atom N = 7 dan O = 8)
 E. Al_2O_3 (nomor atom Al = 13 dan O = 8)
24. Senyawa Cl_2O_3 (nomor atom Cl = 17, O = 8) mempunyai ikatan kovalen koordinasi sebanyak … .
 A. 1
 B. 2
 C. 3
 D. 4
 E. 5
25. Senyawa berikut ini bersifat polar, ***kecuali*** … .
 A. CO
 B. H_2O
 C. BF_3
 D. CO_2
 E. SO_3

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Apa sebab unsur-unsur di alam cenderung membentuk senyawa (berikatan dengan unsur lain)?
2. Sebutkan kecenderungan unsur bila akan bergabung membentuk senyawa!
3. Sebutkan syarat-syarat suatu atom cenderung:
 a. bermuatan positif
 b. bermuatan negatif
4. Apakah yang ditempuh oleh atom karbon yang memiliki nomor atom 6, agar dapat mencapai kestabilan (bersenyawa dengan atom lain)?
5. Apakah keistimewaan atom karbon?
6. Apakah yang dimaksud dengan ikatan ion?
7. Sebutkan sifat-sifat senyawa ion!
8. Suatu atom memiliki data sebagai berikut.

No.	Unsur	Nomor Atom	Unsur	Nomor Atom
1.	*X*	11	*Y*	17
2.	*Z*	12	*Y*	17
3.	*X*	11	*A*	16
4.	*Z*	12	*A*	16
5.	*B*	13	*A*	16

Jika pasangan unsur di atas membentuk senyawa,
a. sebutkan ikatan yang terjadi
b. tentukan rumus kimianya

9. Mengapa senyawa Cl_2 dapat terbentuk, sedangkan Na_2 tidak dapat terbentuk? (nomor atom Cl = 17, Na = 11)
10. Apakah yang dimaksud dengan ikatan kovalen?
11. Sebutkan jenis ikatan pada senyawa berikut ini, termasuk ikatan ion atau ikatan kovalen?
 a. HCl
 b. H_2O
 c. Ag_2O
 d. $FeCl_3$
 e. KCl
 f. CuS
 g. $ZnCl_2$
 h. K_2SO_4
 i. HNO_3
 j. PCl_3
12. Dengan struktur Lewis, gambarkan terjadinya ikatan kovalen dan sebutkan jenis ikatan kovalen tunggal, rangkap, atau koordinasi pada:
 a. Cl_2
 b. CO_2
 c. NH_3
 d. SO_3
 e. H_2S
 f. C_2H_2
 g. C_2H_6
 h. CCl_4
 i. N_2
 j. OF_2

 (nomor atom H = 1, C = 6, N = 7, O = 8, F = 9, S = 16, dan Cl = 17)
13. Apa yang dimaksud dengan kegagalan hukum oktet?
14. Sebutkan contoh senyawa-senyawa yang termasuk dalam kegagalan hukum oktet!
15. Jelaskan perbedaan antara senyawa polar dengan nonpolar, dan berikan masing-masing contohnya (minimal tiga senyawa)!

BAB 3

Stoikiometri



Tujuan Pembelajaran:

Setelah mempelajari bab ini, Anda diharapkan mampu:

1. Menuliskan nama senyawa kimia berdasarkan rumus kimianya.
2. Menuliskan rumus kimia senyawa berdasarkan nama senyawa kimianya.
3. Menyetarakan persamaan reaksi dengan benar.
4. Menjelaskan hukum kekekalan massa, hukum perbandingan tetap, hukum kelipatan perbandingan, dan hukum perbandingan volume.
5. Menerapkan hukum kekekalan massa, hukum perbandingan tetap, hukum kelipatan perbandingan, dan hukum perbandingan volume dalam perhitungan kimia.
6. Menghitung massa zat, volume, dan jumlah partikel jika di-ketahui jumlah molnya dan sebaliknya.
7. Menerapkan konsep mol dalam perhitungan kimia yang me-libatkan pereaksi pembatas.
8. Menentukan rumus empiris suatu senyawa jika diketahui rumus molekul dan massa atom relatifnya, dan sebaliknya.
9. Menghitung komposisi suatu zat dalam senyawa kimia atau campuran.

Kata Kunci

Tata nama senyawa, persamaan reaksi, hukum Lavoisier, hukum Proust, hipotesis Avogadro, hukum Gay Lussac, konsep mol, komposisi zat, rumus kimia, pereaksi pembatas.

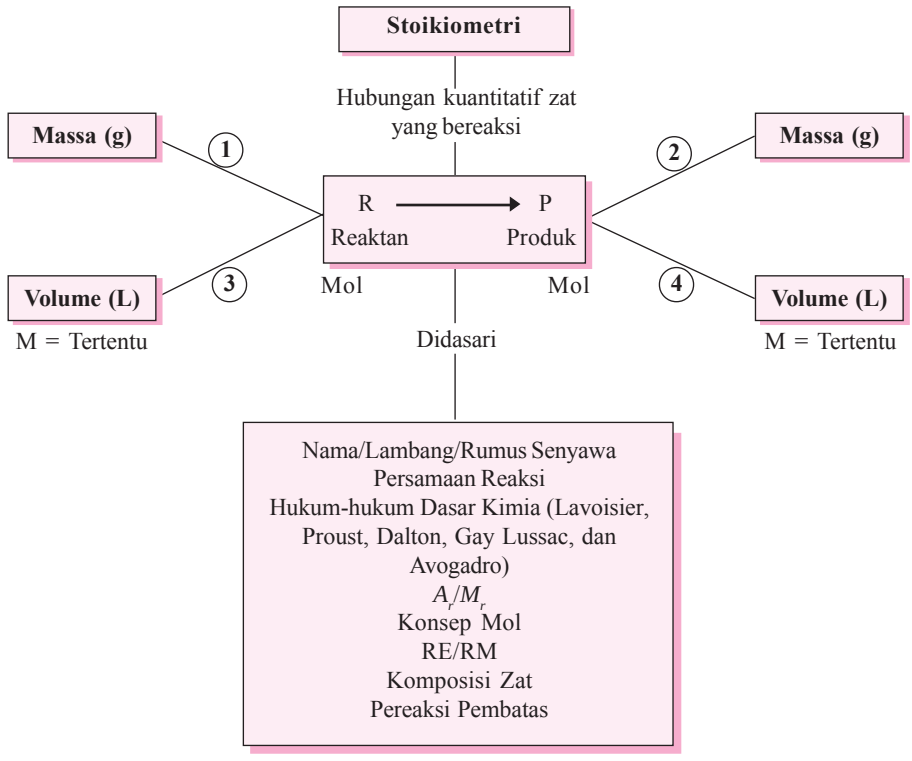
Pengantar

Pernahkah Anda membantu ibu membuat kue, apa yang dilakukan ibu? Ternyata ibu menambahkan setiap bumbu sesuai resep yang tercantum di buku resep, tidak melebihkan ataupun mengurangi. Mengapa ibu melakukan hal demikian? Apa yang terjadi jika ibu menambahkan bumbu secara berlebihan atau malah mengurangi? Ternyata kue yang dihasilkan malah rusak dan rasanya tidak enak. Demikian juga dalam reaksi kimia, setiap zat pereaksi dapat bereaksi menghasilkan zat hasil reaksi hanya jika jumlahnya sesuai proporsinya.

Dalam bab ini Anda akan mempelajari tata nama senyawa biner dan terner, persamaan reaksi kimia, hukum-hukum dasar kimia, konsep mol, stoikiometri senyawa, dan stoikiometri reaksi.

Peta Konsep

Stoikiometri



① $g \rightarrow$ mol $\quad \text{mol} = \frac{g}{A_r}$ atau $\text{mol} = \frac{g}{M_r}$

② mol $\rightarrow g \quad g = \text{mol} \times A_r$ atau $g = \text{mol} \times M_r$

③ $L \rightarrow$ mol $\quad \text{mol} = V \times M$

④ mol $\rightarrow V$ atau $M \quad V = \frac{\text{mol}}{M}$ atau $M = \frac{\text{mol}}{V}$

Stoikiometri berasal dari bahasa Yunani, yaitu dari kata *stoicheion* yang berarti unsur dan *metron* yang berarti mengukur. Stoikiometri membahas tentang hubungan massa antarunsur dalam suatu senyawa (stoikiometri senyawa) dan antarzat dalam suatu reaksi (stoikiometri reaksi).

Pengukuran massa dalam reaksi kimia dimulai oleh **Antoine Laurent Lavoisier** (1743 – 1794) yang menemukan bahwa pada reaksi kimia tidak terjadi perubahan massa (hukum kekekalan massa). Selanjutnya **Joseph Louis Proust** (1754 – 1826) menemukan bahwa unsur-unsur membentuk senyawa dalam perbandingan tertentu (hukum perbandingan tetap).

Selanjutnya dalam rangka menyusun teori atomnya, **John Dalton** menemukan hukum dasar kimia yang ketiga, yang disebut hukum kelipatan perbandingan. Ketiga hukum tersebut merupakan dasar dari teori kimia yang pertama, yaitu teori atom yang dikemukakan oleh John Dalton sekitar tahun 1803.

Menurut Dalton, setiap materi terdiri atas atom, unsur terdiri atas atom sejenis, sedangkan senyawa terdiri dari atom-atom yang berbeda dalam perbandingan tertentu. Namun demikian, Dalton belum dapat menentukan perbandingan atom-atom dalam senyawa (rumus kimia zat). Penetapan rumus kimia zat dapat dilakukan berkat penemuan **Gay Lussac** dan **Avogadro**. Setelah rumus kimia senyawa dapat ditentukan, maka perbandingan massa antaratom (A_r) maupun antarmolekul (M_r) dapat ditentukan. Pengetahuan tentang massa atom relatif dan rumus kimia senyawa merupakan dasar dari perhitungan kimia.

3.1 Tata Nama Senyawa Sederhana

Setiap senyawa perlu mempunyai nama spesifik. Seperti halnya penamaan unsur, pada mulanya penamaan senyawa didasarkan pada berbagai hal, seperti nama tempat, nama orang, atau sifat tertentu dari senyawa yang bersangkutan. Sebagai contoh:

a. Garam glauber, yaitu natrium sulfat (Na_2SO_4) yang ditemukan oleh J. R. Glauber.
b. Salmiak atau amonium klorida (NH_4Cl), yaitu suatu garam yang awal mulanya diperoleh dari kotoran sapi di dekat kuil untuk dewa Jupiter Amon di Mesir.
c. Soda pencuci, yaitu natrium karbonat (Na_2CO_3) yang digunakan untuk melunakkan air (membersihkan air dari ion Ca^{2+} dan ion Mg^{2+}).
d. Garam $NaHCO_3$ (natrium bikarbonat) digunakan untuk pengembang dalam pembuatan kue.



Gambar 3.1 Senyawa garam $NaHCO_3$ (natrium bikarbonat) untuk pengembang dalam pembuatan kue. Sumber: NOVA 930/ XVIII 25 Desember 2005.

Dewasa ini jutaan senyawa telah dikenal dan tiap tahun ditemukan ribuan senyawa baru, sehingga diperlukan cara (sistem) untuk pemberian nama. Oleh karena mustahil bagi kita untuk menghapalkan jutaan nama dan setiap nama berdiri sendiri, tanpa kaitan antara yang satu dengan yang lainnya. Dalam sistem penamaan yang digunakan sekarang, nama senyawa didasarkan pada rumus kimianya. Kita akan membahas cara penamaan senyawa yang terdiri dari dua dan tiga jenis unsur.

A. Tata Nama Senyawa Biner

Senyawa biner adalah senyawa yang hanya terdiri dari dua jenis unsur, misalnya air (H_2O), amonia (NH_3), dan metana (CH_4).

1. Rumus Senyawa

Unsur yang terdapat lebih dahulu dalam urutan berikut ditulis di depan.

B – Si – C – S – As – P – N – H – S – I – Br – Cl – O – F

Rumus kimia amonia lazim ditulis sebagai NH_3 *bukan* H_3N dan rumus kimia air lazim ditulis sebagai H_2O *bukan* OH_2.

2. Nama Senyawa

Nama senyawa biner dari dua jenis nonlogam adalah rangkaian nama kedua jenis unsur dengan akhiran *ida* pada nama unsur yang kedua.

Contoh:

- HCl = hidrogen klorida
- H_2S = hidrogen sulfida

Jika pasangan unsur yang bersenyawa membentuk lebih dari satu jenis senyawa, maka senyawa-senyawa itu dibedakan dengan menyebutkan angka indeks dalam bahasa Yunani sebagai berikut.

1 = mono		6 = heksa	
2 = di		7 = hepta	
3 = tri		8 = okta	
4 = tetra		9 = nona	
5 = penta		10 = deka	

Indeks satu tidak perlu disebutkan, kecuali untuk karbon monoksida.

Contoh:

- CO = karbon monoksida (awalan mono untuk C tidak perlu)
- CO_2 = karbon dioksida
- N_2O = dinitrogen oksida
- NO = nitrogen oksida
- N_2O_3 = dinitrogen trioksida
- N_2O_4 = dinitrogen tetraoksida
- N_2O_5 = dinitrogen pentaoksida
- CS_2 = karbon disulfida
- CCl_4 = karbon tetraklorida

(Ralph H. Petrucci – Suminar, 1985)

c. Senyawa Umum

Senyawa yang sudah umum dikenal tidak perlu mengikuti aturan di atas. Contoh:

- H_2O = air
- NH_3 = amonia
- CH_4 = metana

Latihan 3.1

1. Tuliskan nama senyawa-senyawa berikut.
 a. CO
 b. CO_2
 c. $SiCl_4$
 d. Cl_2O
 e. Cl_2O_5
 f. PCl_5
 g. SCl_6
 h. SO_2
 i. CBr_4
 j. ClF_3
2. Tuliskan rumus molekul senyawa yang mempunyai nama berikut.
 a. Fosforus triklorida
 b. Karbon tetraklorida
 c. Dinitrogen trioksida
 d. Silikon dioksida
 e. Diklorin trioksida
 f. Karbon disulfida
 g. Difosforus trioksida
 h. Diklorin heptaoksida
 i. Sulfur trioksida
 j. Diarsen trioksida

B. Tata Nama Senyawa Ion

Senyawa ion terdiri atas suatu kation dan suatu anion. Kation umumnya adalah suatu ion logam, sedangkan anion dapat berupa anion nonlogam atau suatu anion poliatom. Daftar kation dan anion penting diberikan dalam tabel 3.1 dan 3.2.

1. Rumus Senyawa

Unsur logam ditulis di depan.

Contohnya, rumus kimia natrium klorida ditulis NaCl *bukan* ClNa.

Rumus senyawa ion:

$$b\ X^{a+} + a\ Y^{b-} \longrightarrow X_bY_a$$

Untuk *a* dan *b* sama dengan angka 1 tidak perlu ditulis. Rumus senyawa ion ditentukan oleh perbandingan muatan kation dan anionnya. Jumlah muatan positif sama dengan jumlah muatan negatif.

Contoh:

- $Na^+ + Cl^- \longrightarrow NaCl$ natrium klorida
- $2\ Na^+ + SO_4^{2-} \longrightarrow Na_2SO_4$ natrium sulfat
- $Fe^{2+} + 2\ Cl^- \longrightarrow FeCl_2$ besi(II) klorida
- $Al^{3+} + PO_4^{3-} \longrightarrow AlPO_4$ aluminium fosfat
- $Mg^{2+} + CO_3^{2-} \longrightarrow MgCO_3$ magnesium karbonat
- $3\ K^+ + AsO_4^{3-} \longrightarrow K_3AsO_4$ kalium arsenat

Tabel 3.1 Beberapa Jenis Kation

No.	Rumus	Nama Ion	No.	Rumus	Nama Ion
1.	Na^+	Natrium	13.	Pb^{2+}	Timbal(II)
2.	K^+	Kalium	14.	Pb^{4+}	Timbal(IV)
3.	Ag^+	Argentum/Perak	15.	Fe^{2+}	Besi(II)
4.	Mg^{2+}	Magnesium	16.	Fe^{3+}	Besi(III)
5.	Ca^{2+}	Kalsium	17.	Hg^+	Raksa(I)
6.	Sr^{2+}	Stronsium	18.	Hg^{2+}	Raksa(II)
7.	Ba^{2+}	Barium	19.	Cu^+	Tembaga(I)
8.	Zn^{2+}	Seng	20.	Cu^{2+}	Tembaga(II)
9.	Ni^{2+}	Nikel	21.	Au^+	Emas(I)
10.	Al^{3+}	Aluminium	22.	Au^{3+}	Emas(III)
11.	Sn^{2+}	Timah(II)	23.	Pt^{4+}	Platina(IV)
12.	Sn^{4+}	Timah(IV)	24.	NH_4^+	Amonium

Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter & Change, Martin S. Silbergberg, 2000.

Tabel 3.2 Beberapa Jenis Anion

No.	Rumus	Nama Ion	No.	Rumus	Nama Ion
1.	OH^-	Hidroksida	16.	$C_2O_4^{2-}$	Oksalat
2.	F^-	Fluorida	17.	PO_3^{3-}	Fosfit
3.	Cl^-	Klorida	18.	PO_4^{3-}	Fosfat
4.	Br^-	Bromida	19.	AsO_3^{3-}	Arsenit
5.	I^-	Iodida	20.	AsO_4^{3-}	Arsenat
6.	CN^-	Sianida	21.	SbO_3^{3-}	Antimonit
7.	O^{2-}	Oksida	22.	SbO_4^{3-}	Antimonat
8.	S^{2-}	Sulfida	23.	ClO^-	Hipoklorit
9.	NO_2^-	Nitrit	24.	ClO_2^-	Klorit
10.	NO_3^-	Nitrat	25.	ClO_3^-	Klorat
11.	CH_3COO^-	Asetat	26.	ClO_4^-	Perklorat
12.	CO_3^{2-}	Karbonat	27.	MnO_4^-	Permanganat
13.	SiO_3^{2-}	Silikat	28.	MnO_4^{2-}	Manganat
14.	SO_3^{2-}	Sulfit	29.	CrO_4^{2-}	Kromat
15.	SO_4^{2-}	Sulfat	30.	$Cr_2O_7^{2-}$	Dikromat

Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter & Change, Martin S. Silbergberg, 2000.

2. Nama Senyawa Ion

Nama senyawa ion adalah rangkaian nama kation (di depan) dan nama anion (di belakang), angka indeks tidak disebut.
Contoh:

- $NaCl$ = natrium klorida
- $CaCl_2$ = kalsium klorida
- Na_2SO_4 = natrium sulfat
- $Al(NO_3)_3$ = aluminium nitrat

Jika unsur logam mempunyai lebih dari satu jenis bilangan oksidasi, maka senyawa-senyawanya dibedakan dengan menuliskan bilangan oksidasinya, yang ditulis dalam tanda kurung dengan angka Romawi di belakang nama unsur logam tersebut. Contoh:

- Cu_2O = tembaga(I) oksida
- CuO = tembaga(II) oksida
- $FeCl_2$ = besi(II) klorida
- $FeCl_3$ = besi(III) klorida
- Fe_2S_3 = besi(III) sulfida
- SnO = timah(II) oksida
- SnO_2 = timah(IV) oksida

Latihan 3.2

1. Tuliskan nama dari senyawa-senyawa berikut ini.
 b. Na_2O
 c. MgO
 d. Al_2S_3
 e. Ag_2O
 f. $CuSO_4$
 f. ZnS
 g. $SnCl_2$
 h. Hg_2Cl_2
 i. $K_2Cr_2O_7$
 j. $KMnO_4$
2. Tuliskan rumus kimia senyawa yang mempunyai nama berikut.
 a. Kalium nitrat
 b. Natrium sulfit
 c. Besi(II) oksida
 d. Besi(III) oksida
 e. Perak klorida
 f. Seng sulfida
 g. Tembaga(I) klorat
 h. Tembaga(II) fosfat
 i. Aluminium karbonat
 j. Emas(III) oksida

C. Tata Nama Senyawa Terner

Senyawa terner sederhana meliputi asam, basa, dan garam. Asam, basa, dan garam adalah tiga kelompok senyawa yang saling terkait satu dengan yang lain. Reaksi asam dan basa menghasilkan garam.

1. Tata Nama Asam

Rumus asam terdiri atas atom hidrogen (di depan, dapat dianggap sebagai ion H^+) dan suatu anion yang disebut *sisa asam*. Akan tetapi, perlu diingat bahwa asam adalah senyawa kovalen, bukan senyawa ion. Nama anion sisa asam sama dengan asam yang bersangkutan tanpa kata asam.

Contoh:

$H_3PO_4 \longrightarrow 3\ H^+ + PO_4^{3-}$

ion asam — anion sisa asam (fosfat)

Nama asam tersebut adalah asam fosfat.

Rumus molekul dan nama dari beberapa asam yang lazim ditemukan dalam laboratorium dan kehidupan sehari-hari adalah:

H_2SO_4 : asam sulfat (dalam aki)
HNO_3 : asam nitrat
H_3PO_4 : asam fosfat
CH_3COOH : asam asetat (asam cuka)

(Martin S. Silberberg, 2000)

2. Tata Nama Basa

Basa adalah zat yang di dalam air dapat menghasilkan ion OH^-. Larutan basa bersifat kaustik, artinya jika terkena kulit terasa licin seperti bersabun. Pada umumnya basa adalah senyawa ion yang terdiri dari kation logam dan anion OH^-. Nama senyawa basa sama dengan nama kationnya yang diikuti kata hidroksida.

Contoh:

$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$

natrium — hidroksida

$Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca^{2+} + 2\ OH^-$

kalsium — hidroksida

$Al(OH)_3$: aluminium hidroksida
$Cu(OH)_2$: tembaga(II) hidroksida
$Ba(OH)_2$: barium hidroksida

3. Tata Nama Garam

Garam adalah senyawa ion yang terdiri dari kation basa dan anion sisa asam. Rumus dan pemberian nama senyawa garam sama dengan senyawa ion.

Tabel 3.3 Tata Nama Garam

Kation	Anion	Rumus Garam	Nama Garam
Na^+	NO_2^-	$NaNO_2$	natrium nitrit
Mg^{2+}	PO_4^{3-}	$Mg_3(PO_4)_2$	magnesium fosfat
Fe^{3+}	SO_4^{2-}	$Fe_2(SO_4)_3$	besi(III) sulfat
Hg^{2+}	Cl^-	$HgCl_2$	raksa(II) klorida
Cu^+	O^{2-}	Cu_2O	tembaga(I) oksida

Latihan 3.3

1. Tuliskan nama asam dengan rumus kimia sebagai berikut.
 a. H_2CO_3 c. H_2SO_3 e. H_2S
 b. HCl d. H_3PO_3 f. CH_3COOH
2. Tuliskan rumus kimia asam-asam berikut.
 a. Asam sulfat c. Asam klorat e. Asam oksalat
 b. Asam fosfat d. Asam perklorat f. Asam nitrit
3. Tuliskan nama dari basa berikut ini.
 a. $Fe(OH)_2$ c. $Zn(OH)_2$ e. $Cr(OH)_3$
 b. KOH d. $Au(OH)_3$ f. $Sn(OH)_2$
4. Tuliskan rumus kimia dari basa berikut ini.
 a. Natrium hidroksida d. Tembaga(II) hidroksida
 b. Aluminium hidroksida e. Nikel hidroksida
 c. Kalsium hidroksida f. Raksa(I) hidroksida
5. Salin dan tuliskan rumus kimia dan nama garam dari kation dan anion berikut.

Kation \ Anion	Cl^-	NO_2^-	SO_4^{2-}	$Cr_2O_7^{2-}$	PO_4^{3-}
K^+					
Ca^{2+}					
Zn^{2+}					
Ag^+					
Al^{3+}					

4. Tata Nama Senyawa Organik

Senyawa organik adalah senyawa-senyawa karbon dengan sifat-sifat tertentu. Pada awalnya, senyawa organik ini tidak dapat dibuat di laboratorium, melainkan hanya dapat diperoleh dari makhluk hidup. Oleh karena itu, senyawa-senyawa karbon tersebut dinamai senyawa organik. Senyawa organik mempunyai tata nama khusus. Selain nama sistematis, banyak senyawa organik mempunyai nama lazim atau nama dagang (nama trivial). Beberapa di antaranya sebagai berikut.

Tabel 3.4 Tata Nama Senyawa Organik dan Dagang

Nama Sistematis	Nama Lazim (Dagang)
CH_4	metana (gas alam)
$CO(NH_2)_2$	urea
CH_3COOH	asam asetat (cuka)
CH_3COCH_3	aseton (pembersih kuteks)
CHI_3	iodoform (suatu antiseptik)
HCHO	formaldehida (bahan formalin)
$CHCl_3$	kloroform (bahan pembius)
$C_{12}H_{22}O_{11}$	sukrosa (gula tebu)
$C_6H_{12}O_6$	glukosa
C_2H_5OH	alkohol

Latihan 3.4

1. Tuliskan nama senyawa dengan rumus kimia sebagai berikut.
 a. PCl_3 c. $AlCl_3$ e. Ag_2O g. MgO i. $CaSO_4$
 b. P_2O_5 d. N_2O_4 f. HgO h. $Ba(NO_3)_2$ j. $KMnO_4$
2. Tuliskan rumus kimia senyawa berikut ini.
 a. Kalium oksida e. Besi(II) oksida h. Tembaga(II) sulfat
 b. Kalsium klorida f. Natrium hidroksida i. Emas(I) klorida
 c. Nikel klorat g. Kromium karbonat j. Kobalt nitrat
 d. Perak hidroksida
3. Tuliskan rumus kimia asam/basa berikut.
 a. Asam hipoklorit f. Kalium hidroksida
 b. Asam fosfit g. Barium hidroksida
 c. Asam klorida h. Magnesium hidroksida
 d. Asam sulfat i. Kromium hidroksida
 e. Asam klorat j. Seng hidroksida
4. Tuliskan rumus kimia senyawa organik berikut.
 a. Glukosa d. Urea g. Asam cuka
 b. Formalin e. Aseton h. Kloroform
 c. Iodoform f. Metana i. Alkohol

5. Salin dan tuliskan rumus kimia dan berilah nama senyawa yang terbentuk dari kation dan anion berikut:

Kation \ Anion	F^-	S^{2-}	SiO_3^{2-}	MnO_4^-	SO_4^{3-}
K^+					
Mg^{2+}					
Hg^+					
Cr^{3+}					
Ni^{2+}					
Au^{3+}					

Tugas Kelompok

Banyak produk dalam kehidupan sehari-hari yang mencantumkan komposisi, termasuk senyawa-senyawa kimia yang ditulis dalam rumus kimia atau nama kimianya. Tugas Anda adalah:

- Simak 5 produk berikut dan komposisinya. Tentukan senyawa dalam komposisi yang Anda kenal. Lengkapi kolom rumus kimia dan nama senyawa pada contoh berikut.
- Cari 10 produk berbeda lainnya dalam kehidupan sehari-hari dan buat tabel serupa!

Produk	Komposisi	Senyawa dalam Komposisi yang Dikenal	
		Rumus Kimia	Nama Kimia
Kecap Merek A	* Kedelai * Biji gandum * Gula * Air * Garam * Pengawet	 $C_6H_{12}O_6$ H_2O NaCl C_6H_5COONa	 Glukosa Air Natrium klorida Natrium benzoat
Minuman Energi Merek A	* Natrium bikarbonat * Asam sitrat * Taurin * Pencitarasa lemon * Kafein * Garam * Nikotinamid * Ekstrak ginseng * Royal jelly * Pewarna makanan * Pemanis buatan * Aspartame	$NaHCO_3$ $HOOCCOH(CH_2COOH)_2$ NaCl $C_6H_{11}NHSO_3Na$...	Natrium bikarbonat Asam sitrat Natrium klorida Tartrazin Natrium siklamat ...

Produk	Komposisi	Senyawa dalam Komposisi yang Dikenal	
		Rumus Kimia	Nama Kimia
Bumbu Pelezat Masakan Merek A	* Garam * Gula * Penguat rasa * Pencitarasa daging sapi * Kunyit * Lada * Bawang	NaCl $C_6H_{12}O_6$ $HOOC(CH_2)_2$-$CHNH_2COONa$	Natrium klorida Glukosa MSG
Pasta Gigi Merek A	* Kalsium karbonat * Hidrat silikon dioksida * Sorbitol * Natrium lauril sulfat * Sakarin * Natrium fosfat * Titanium dioksida * Formaldehida * Air * Fluorida * Pemberi rasa	$CaCO_3$ $SiO_2.5H_2O$ $HOCH_2(CHOH)_4CH_2OH$ Na_2SO_4 $C_6H_4CONHSO_2$ Na_3PO_4 TiO_2 HCHO H_2O	Kalsium karbonat Hidrat silikon dioksida Sorbitol Natrium lauril sulfat Sakarin Natrium fosfat Titaniun dioksida Formaldehida Air
Pemutih Pakaian Merek A	* NaClO * Air	NaClO H_2O	Natrium hipoklorit Air

Sumber: Kimia Organik Suatu Kuliah Singkat, Harold Hart, 1990.

3.2 Persamaan Reaksi

Persamaan reaksi menggambarkan reaksi kimia, yang terdiri atas rumus kimia zat-zat pereaksi dan zat-zat hasil reaksi disertai koefisien dan fasa masing-masing.

A. Menulis Persamaan Reaksi

Reaksi kimia mengubah zat-zat asal (pereaksi) menjadi zat baru (produk). Sebagaimana telah dikemukakan oleh **John Dalton**, jenis dan jumlah atom yang terlibat dalam reaksi tidak berubah, tetapi ikatan kimia di antaranya berubah. Ikatan kimia dalam pereaksi diputuskan dan terbentuk ikatan baru dalam produknya. Atom-atom ditata ulang membentuk produk reaksi. Perubahan yang terjadi dapat dipaparkan dengan menggunakan rumus kimia zat-zat yang terlibat dalam reaksi. Cara pemaparan ini kita sebut dengan *persamaan reaksi*.

Hal-hal yang digambarkan dalam persamaan reaksi adalah rumus kimia zat-zat pereaksi (reaktan) di sebelah kiri anak panah dan zat-zat hasil reaksi (produk) di sebelah kanan anak panah. Anak panah dibaca yang artinya "membentuk" atau "bereaksi menjadi". Wujud atau keadaan zat-zat pereaksi dan hasil reaksi ada empat macam, yaitu gas (*g*), cairan (*liquid* atau *l*), zat padat (*solid* atau *s*) dan larutan (*aqueous* atau *aq*). Bilangan yang mendahului rumus kimia zat-zat dalam persamaan reaksi disebut *koefisien reaksi*. Koefisien reaksi diberikan untuk menyetarakan atom-atom sebelum dan sesudah reaksi. Selain untuk menyetarakan persamaan reaksi, koefisien reaksi menyatakan perbandingan paling sederhana dari partikel zat yang terlibat dalam reaksi.

Misalnya, reaksi antara gas hidrogen dengan gas oksigen membentuk air sebagai berikut.

Pereaksi atau reaktan				Hasil reaksi/produk
$2\ H_2(g)$	+	$O_2(g)$	$\longrightarrow$	$2\ H_2O(l)$
↓		↓		↓
koefisien $H_2 = 2$		koefisien $O_2 = 1$		koefisien $H_2O = 2$

Berdasarkan persamaan reaksi di atas, berarti 2 molekul hidrogen bereaksi dengan 1 molekul oksigen membentuk 2 molekul H_2O. Oleh karena itu sebaiknya dihindari koefisien pecahan karena dapat memberi pengertian seolah-olah partikel materi (atom atau molekul) dapat dipecah.

Penulisan persamaan reaksi dapat dilakukan dalam dua langkah sebagai berikut.

1. Menuliskan rumus kimia zat-zat pereaksi dan produk, lengkap dengan keterangan tentang wujudnya.
2. Penyetaraan, yaitu memberi koefisien yang sesuai, sehingga jumlah atom ruas kiri sama dengan jumlah atom ruas kanan.

Contoh 3.1

Tuliskan dan setarakan persamaan reaksi antara logam aluminium yang bereaksi dengan larutan asam sulfat membentuk larutan aluminium sulfat dan gas hidrogen!

Jawab:

Langkah 1 : Menuliskan persamaan reaksi.

$$Al(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow Al_2(SO_4)_3(aq) + H_2(g) \quad \text{(belum setara)}$$

Jumlah atom di ruas kiri:	Jumlah atom di ruas kanan:
Al = 1	Al = 2
H = 2	H = 2
S = 1	S = 3
O = 4	O = 12

Langkah 2 : Meletakkan koefisien 2 di depan Al, sehingga jumlah atom Al di ruas kiri menjadi $1 \times 2 = 2$ buah Al (setara dengan jumlah Al di ruas kanan).

Langkah 3 : Meletakkan koefisien 3 di depan H_2SO_4, sehingga di ruas kiri jumlah atom H menjadi 6, atom S menjadi 3, dan jumlah atom O menjadi 12.

Langkah 4 : Jumlah atom S dan O ruas kiri sudah sama dengan ruas kanan, sedangkan atom H ruas kanan belum setara dengan ruas kiri.

Langkah 5 : Meletakkan koefisien 3 di depan H_2, sehingga jumlah atom H ruas kanan menjadi 6, setara dengan ruas kiri.

Persamaan reaksi menjadi setara:

$$2\ Al(s) + 3\ H_2SO_4(aq) \longrightarrow Al_2(SO_4)_3(aq) + 3\ H_2(g)$$

Karena $Al_2(SO_4)_3$ tidak ditambah koefisien, berarti koefisien $Al_2(SO_4)_3 = 1$.

B. Penyetaraan Persamaan Reaksi

Banyak reaksi dapat disetarakan dengan jalan mencoba/menebak, akan tetapi sebagai permulaan dapat mengikuti langkah berikut.

1. Pilihlah satu rumus kimia yang paling rumit, tetapkan koefisiennya sama dengan 1.
2. Zat-zat yang lain tetapkan koefisien sementara dengan huruf.
3. Setarakan dahulu unsur yang terkait langsung dengan zat yang tadi diberi koefisien 1.
4. Setarakan unsur lainnya. Biasanya akan membantu jika atom O disetarakan paling akhir.

Perhatikan beberapa contoh berikut.

Contoh 3.2

Tuliskan dan setarakan persamaan reaksi antara gas metana (CH_4) dengan gas oksigen membentuk gas karbon dioksida dan uap air.

Jawab:

Langkah 1 : Menuliskan rumus kimia dan persamaan reaksi:

$$CH_4(g) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + H_2O(l)$$

Langkah 2 : Penyetaraan:

a. Tetapkan koefisien $CH_4 = 1$, sedangkan koefisien zat-zat lainnya dimisalkan dengan huruf.

$$\mathbf{1}\ CH_4(g) + \mathbf{a}\ O_2(g) \longrightarrow \mathbf{b}\ CO_2(g) + \mathbf{c}\ H_2O(l)$$

b. Setarakan jumlah atom C dan H.

Jumlah Atom di Ruas Kiri	Jumlah Atom di Ruas Kanan	$\sum$ Ruas Kiri = $\sum$ Ruas Kanan
C = 1	C = **b**	**b** = 1
H = 4	H = 2**c**	**2c** = 4 maka **c** = 2

c. Kita masukkan koefisien b dan c sehingga persamaan reaksi menjadi:

$$\mathbf{1}\ CH_4(g) + \mathbf{a}\ O_2(g) \longrightarrow \mathbf{1}\ CO_2(g) + \mathbf{2}\ H_2O(l)$$

d. Kita setarakan jumlah atom O.

Jumlah Atom di Ruas Kiri	Jumlah Atom di Ruas Kanan	$\sum$ Ruas Kiri = $\sum$ Ruas Kanan
O = 2**a**	O = 2 + 2 = 4	2**a** = 4 maka **a** = 2

e. Persamaan reaksi setara selengkapnya adalah:

$$1\ CH_4(g) + 2\ O_2(g) \longrightarrow 1\ CO_2(g) + 2\ H_2O(l)$$

Untuk selanjutnya koefisien 1 tidak perlu ditulis sehingga persamaan reaksi menjadi:

$$CH_4(g) + 2\ O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2\ H_2O(l)\ \text{(setara)}$$

Contoh 3.3

Tuliskan dan setarakan persamaan reaksi antara logam aluminium dengan larutan asam klorida membentuk larutan aluminium klorida dan gas hidrogen.

Jawab:

Langkah 1 : Menuliskan rumus kimia dan persamaan reaksi:

$$Al(s) + HCl(aq) \longrightarrow AlCl_3(aq) + H_2(g)$$

Langkah 2 : Penyetaraan:

a. Kita tetapkan koefisien $AlCl_3 = 1$, sedangkan koefisien zat-zat yang lain dimisalkan dengan huruf.

$$a\ Al(s) + b\ HCl(aq) \longrightarrow 1\ AlCl_3(aq) + c\ H_2(g)$$

b. Setarakan jumlah Al dan Cl.

Jumlah Atom di Ruas Kiri	Jumlah Atom di Ruas Kanan	$\sum$ Ruas Kiri = $\sum$ Ruas Kanan
Al = **a**	Al = 1	**a** = 1
Cl = **b**	Cl = 3	**b** = 3

Kita masukkan a dan b pada persamaan reaksi, sehingga persamaan reaksi menjadi:

$$1\ Al(s) + 3\ HCl(aq) \longrightarrow 1\ AlCl_3(aq) + c\ H_2(g)$$

c. Setarakan jumlah atom H.

Jumlah Atom di Ruas Kiri	Jumlah Atom di Ruas Kanan	$\sum$ Ruas Kiri = $\sum$ Ruas Kanan
H = 3	H = 2**c**	2**c** = 3, maka **c** = 1,5

Kita masukkan koefisien c, sehingga persamaan reaksi menjadi:

$$1\ Al(s) + 3\ HCl(aq) \longrightarrow 1\ AlCl_3(aq) + 1{,}5\ H_2(g)$$

Karena koefisien tidak boleh pecahan, untuk membulatkan pecahan, maka *semua koefisien dikalikan dua*, sehingga persamaan reaksi menjadi:

$$2\ Al(s) + 6\ HCl(aq) \longrightarrow 2\ AlCl_3(aq) + 3\ H_2(g)$$

Contoh 3.4

Tuliskan dan setarakan persamaan reaksi antara besi(III) oksida dengan larutan asam sulfat membentuk larutan besi(III) sulfat dan air.

Jawab:

Langkah 1 : Menuliskan rumus kimia dan persamaan reaksi:

$$Fe_2O_3(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow Fe_2(SO_4)_3(aq) + H_2O(l)$$

Langkah 2 : Penyetaraan:

a. Tetapkan koefisien $Fe_2(SO_4)_3 = 1$, sedangkan koefisien zat lainnya dimisalkan dengan huruf.

$$\mathbf{a}\ Fe_2O_3(s) + \mathbf{b}\ H_2SO_4(aq) \longrightarrow \mathbf{1}\ Fe_2(SO_4)_3(aq) + \mathbf{c}\ H_2O(l)$$

b. Setarakan jumlah atom Fe dan S (O terakhir).

Jumlah Atom di Ruas Kiri	Jumlah Atom di Ruas Kanan	$\sum$ Ruas Kiri = $\sum$ Ruas Kanan
Fe = 2**a**	Fe = 2	2**a** = 2, maka **a** = 1
S = **b**	S = 3	**b** = 3

Kita masukkan a dan b sehingga persamaan reaksi menjadi:

$$\mathbf{1}\ Fe_2O_3(s) + \mathbf{3}\ H_2SO_4(aq) \longrightarrow \mathbf{1}\ Fe_2(SO_4)_3(aq) + \mathbf{c}\ H_2O(l)$$

c. Setarakan jumlah atom H.

Jumlah Atom di Ruas Kiri	Jumlah Atom di Ruas Kanan	$\sum$ Ruas Kiri = $\sum$ Ruas Kanan
H = 3 × 2 = 6	H = 2**c**	2**c** = 6, maka **c** = 3

Persamaan reaksi menjadi:

$$\mathbf{1}\ Fe_2O_3(s) + \mathbf{3}\ H_2SO_4(aq) \longrightarrow \mathbf{1}\ Fe_2(SO_4)_3(aq) + \mathbf{3}\ H_2O(l)$$

Karena semua senyawa sudah mempunyai koefisien, maka jumlah atom O sudah setara.

Jumlah Atom O di Ruas Kiri	Jumlah Atom O di Ruas Kanan
3 + (3 × 4) = 15	(4 × 3) + 3 = 15

Contoh 3.5

Tuliskan dan setarakan persamaan reaksi antara logam tembaga dengan larutan asam nitrat encer membentuk larutan tembaga(II) nitrat, gas nitrogen oksida, dan air.

Jawab:

Langkah 1 : Menuliskan rumus kimia dan persamaan reaksi:

$$Cu(s) + HNO_3(aq) \longrightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + NO(g) + H_2O(l)$$

Langkah 2 : Penyetaraan:

a. Tetapkan koefisien $Cu(NO_3)_2 = 1$, sedangkan koefisien zat yang lain dimisalkan dengan huruf.

a $Cu(s)$ + **b** $HNO_3(aq)$ ⟶ **1** $Cu(NO_3)_2(aq)$ + **c** $NO(g)$ + **d** $H_2O(l)$

b. Setarakan atom Cu, N, H, dan O.

Jumlah Atom di Ruas Kiri	Jumlah Atom di Ruas Kanan	$\sum$ Ruas Kiri = $\sum$ ruas Kanan
Cu = **a**	Cu = 1	**a** = 1
N = **b**	N = 2 + **c**	**b** = 2 + **c** (1)
H = **b**	H = 2**d**	**b** = 2**d** (2)
O = 3**b**	O = 6 + **c** + **d**	3**b** = 6 + **c** + **d** (3)

Substitusi persamaan (2) dalam (3):

3b = 6 + c + d
3(2d) = 6 + c + d
6d = 6 + c + d
c = 6d – d – 6
c = 5d – 6 (4)

Masukkan dalam persamaan (1):

b = 2 + c
b = 2 + 5d – 6
b = 5d – 4 (5)

Persamaan (2) = (5):

b = 2d
5d – 4 = 2d
3d = 4
d = $\frac{4}{3}$

Substitusikan d = $\frac{4}{3}$ dalam persamaan (2):

b = 2d = 2 × ($\frac{4}{3}$) = $\frac{8}{3}$

Substitusikan b = $\frac{8}{3}$ dalam persamaan (1):

b = 2 + c
c = b – 2 = $\frac{8}{3}$ – 2 = $\frac{8}{3}$ – $\frac{6}{3}$ = $\frac{2}{3}$

Kita masukkan koefisen sementara dalam bentuk pecahan pada persamaan reaksi:

1 $Cu(s)$ + $\frac{8}{3}$ $HNO_3(aq)$ ⟶ **1** $Cu(NO_3)_2(aq)$ + $\frac{2}{3}$ $NO(g)$ + $\frac{4}{3}$ $H_2O(l)$

Untuk membulatkan, semua koefisien dikalikan tiga sehingga persamaan reaksi menjadi:

3 $Cu(s)$ + **8** $HNO_3(aq)$ ⟶ **3** $Cu(NO_3)_2(aq)$ + **2** $NO(g)$ + **4** $H_2O(l)$

Kita cek jumlah atom di ruas kiri dan ruas kanan.

Jumlah Atom di Ruas Kiri	Jumlah Atom di Ruas Kanan
Cu = 3	Cu = 3
H = 8	H = 4 × 2 = 8
N = 8	N = (3 × 2) + 2 = 8
O = 8 × 3 = 24	O = (3 × 2 × 3) + 2 + 4 = 24

Berarti persamaan reaksi tersebut sudah setara.

Latihan 3.5

Setarakan persamaan reaksi berikut.

1. $Na_2O + H_2O \longrightarrow NaOH$
2. $Fe + O_2 \longrightarrow Fe_2O_3$
3. $P_4 + O_2 \longrightarrow P_2O_5$
4. $KClO_3 \longrightarrow KCl + O_2$
5. $N_2O_3 \longrightarrow NO + O_2$
6. $N_2O_5 + H_2O \longrightarrow HNO_3$
7. $Al_2O_3 + H_2O \longrightarrow Al(OH)_3$
8. $Zn + H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + H_2$
9. $H_3PO_4 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2 + H_2O$
10. $Al + HCl \longrightarrow AlCl_3 + H_2$
11. $Fe_2O_3 + HBr \longrightarrow FeBr_3 + H_2O$
12. $Pb(NO_3)_2 + NaCl \longrightarrow PbCl_2 + NaNO_3$
13. $K_3PO_3 + MgI_2 \longrightarrow KI + Mg_3(PO_3)_2$
14. $C_2H_4 + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$
15. $C_3H_4 + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$
16. $C_2H_5OH + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$
17. $Ag_2O + NH_3 \longrightarrow Ag + N_2 + H_2O$
18. $Cu + HNO_3 \longrightarrow Cu(NO_3)_2 + NO + H_2O$
19. $I_2 + NaOH \longrightarrow NaI + NaIO_3 + H_2O$
20. $NaOH + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + H_2O$

Tugas Individu

A. Tuliskan persamaan reaksi berikut ini, kemudian setarakan!

1. Gas nitrogen bereaksi dengan gas hidrogen membentuk amonia.
2. Gas hidrogen bereaksi dengan gas oksigen membentuk air.
3. Logam aluminium bereaksi dengan gas oksigen membentuk aluminium oksida padat.
4. Kalsium oksida padat bereaksi dengan air membentuk larutan kalsium hidroksida.
5. Larutan natrium hidroksida bereaksi dengan larutan asam sulfat membentuk larutan natrium sulfat dan air.
6. Larutan asam klorida bereaksi dengan larutan magnesium hidroksida membentuk larutan magnesium klorida dan air.
7. Butana terbakar sempurna membentuk gas karbon dioksida dan air.

8. Larutan magnesium nitrat bereaksi dengan larutan natrium fosfat membentuk larutan magnesium fosfat dan larutan natrium nitrat.
9. Logam besi bereaksi dengan larutan asam klorida membentuk larutan besi(III) klorida dan gas hidrogen.
10. Karbon dioksida dan amonia bereaksi membentuk urea dan air.

B. Setarakan persamaan reaksi berikut!

1. $C_5H_{10}(g) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + H_2O(l)$
2. $CaCO_3(s) + HCl(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$
3. $NH_3(g) + O_2(g) \longrightarrow NO(g) + H_2O(g)$
4. $Al_2O_3(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow Al_2(SO_4)_3(aq) + H_2O(l)$
5. $PI_3(s) + H_2O(l) \longrightarrow H_3PO_3(aq) + HI(g)$
6. $Na(s) + O_2(g) \longrightarrow Na_2O(s)$
7. $C_2H_6(g) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$
8. $NaOH(aq) + H_3PO_4(aq) \longrightarrow Na_3PO_4(aq) + H_2O(l)$
9. $Zn + HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2$
10. $Fe_2(CO_3)_3(s) + H_2O(l) \longrightarrow Fe(OH)_3(s) + CO_2(g)$

Tugas Kelompok

A. Tulislah persamaan reaksi berikut ini kemudian setarakan!

1. Logam aluminium bereaksi dengan larutan asam klorida membentuk larutan aluminium klorida dan gas hidrogen.
2. Larutan natrium karbonat dengan larutan asam sulfat membentuk larutan natrium sulfat, gas karbon dioksida, dan air.
3. Dinitrogen pentaoksida dengan air membentuk larutan asam nitrat.
4. Larutan amonium sulfat dengan larutan natrium hidroksida membentuk larutan natrium sulfat, gas amonia, dan air
5. Difosforus pentaoksida padat dengan larutan kalium hidroksida membentuk larutan kalium fosfat dan air.
6. Larutan timbal(II) asetat dengan larutan kalium iodida membentuk endapan timbal(II) iodida dan larutan kalium asetat.
7. Larutan tembaga(II) sulfat dengan larutan natrium hidroksida membentuk endapan tembaga(II) hidroksida dan larutan natrium sulfat.
8. Gas karbon dioksida dengan larutan kalium hidroksida membentuk larutan kalium karbonat dan air.
9. Gas asetilena terbakar sempurna membentuk gas karbon dioksida dan air.
10. Gas klorin bereaksi dengan larutan natrium hidroksida membentuk larutan natrium klorida, larutan natrium hipoklorit, dan air.

B. Setarakan persamaan reaksi berikut!

1. $Cr_2O_3(aq) + Al(s) \longrightarrow Al_2O_3(aq) + Cr(s)$
2. $Cu(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow CuSO_4(aq) + SO_2(g) + H_2O(l)$
3. $Mg(OH)_2(aq) + HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(aq) + H_2O(l)$
4. $(NH_4)_2SO_4(aq) + KOH(aq) \longrightarrow K_2SO_4(aq) + NH_3(g) + H_2O(l)$
5. $K_2Cr_2O_7(aq) + HCl(aq) \longrightarrow KCl(aq) + CrCl_3(aq) + Cl_2(g) + H_2O(l)$
6. $Ca_3(PO_4)_2(s) + SiO_2(s) + C(s) \longrightarrow CaSiO_3(s) + CO(g) + P_4(s)$
7. $HgS(s) + HNO_3(aq) + HCl(aq) \longrightarrow HgCl_2(aq) + NO(g) + H_2O(l) + S(s)$
8. $Zn(s) + HNO_3(aq) \longrightarrow Zn(NO_3)_2(aq) + NH_4NO_3(s) + H_2O(l)$
9. $Cu(s) + HNO_3(aq) \longrightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + NO_2(g) + H_2O(l)$
10. $MnO_2(s) + HCl(aq) \longrightarrow MnCl_2(aq) + Cl_2(g) + H_2O(l)$

3.3 Hukum-hukum Dasar Kimia

A. Hukum Kekekalan Massa (Hukum Lavoisier)

Perhatikan reaksi pembakaran kertas. Sepintas lalu dapat kita lihat bahwa massa abu hasil pembakaran lebih kecil daripada massa kertas yang dibakar. Apakah pembakaran kertas disertai pengurangan massa?

Antoine Laurent Lavoisier telah menyelidiki massa zat-zat sebelum dan sesudah reaksi. Lavoisier menimbang zat sebelum bereaksi, kemudian menimbang hasil reaksinya. Ternyata massa zat sebelum dan sesudah reaksi selalu sama. Lavoisier menyimpulkan hasil penemuannya dalam suatu hukum yang disebut *hukum kekekalan massa*: "Dalam sistem tertutup, massa zat sebelum dan sesudah reaksi adalah sama".

Perubahan materi yang kita amati dalam kehidupan sehari-hari umumnya berlangsung dalam wadah terbuka. Jika hasil reaksi ada yang berupa gas (seperti pada pembakaran kertas), maka massa zat yang tertinggal menjadi lebih kecil daripada massa semula. Sebaliknya, jika reaksi mengikat sesuatu dari lingkungannya (misalnya oksigen), maka hasil reaksi akan lebih besar daripada massa semula. Misalnya, reaksi perkaratan besi (besi mengikat oksigen dari udara) sebagai berikut.



Gambar 3.2 Antoine Laurent Lavoisier (1743 – 1794) dari Perancis. Dia adalah "Bapak Kimia Modern". Dia menekankan pentingnya pengamatan kuantitatif dalam eksperimen.
Sumber: Microsoft ® Encarta ® Reference Library 2005.

Besi yang mempunyai massa tertentu akan bereaksi dengan sejumlah oksigen di udara membentuk senyawa baru besi oksida ($Fe_2O_3(s)$) yang massanya sama dengan massa besi dan oksigen mula-mula.

$$Fe(s) + O_2(g) \longrightarrow Fe_2O_3(s)$$

Tugas Kelompok

I. Judul
Hukum Dasar Kimia (Hukum Lavoisier)

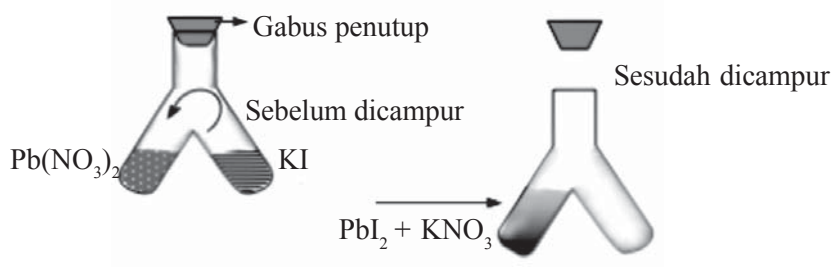
II. Kompetensi Dasar
Menemukan hukum-hukum dasar kimia melalui percobaan dan mengkomunikasikan berlakunya hukum-hukum dasar kimia melalui percobaan.

III. Alat dan Bahan

No.	Nama Alat	Jumlah
1.	Tabung Y	1 buah
2.	Timbangan	1 buah
3.	Pipet Tetes	2 buah
4.	Sumbat	1 buah
5.	Gelas Ukur	1 buah

No.	Nama Bahan	Jumlah
1.	$Pb(NO_3)_2$ 1 *M*	2mL
2.	KI 1 *M*	2mL

IV. Prosedur Percobaan
1. Satu kaki tabung Y diisi dengan 2 mL larutan timbal(II) nitrat, sedangkan kaki tabung yang lain diisi dengan 2 mL larutan kalium iodida. Kemudian tutup dengan sumbat dan ditimbang.



2. Setelah itu kedua macam larutan dicampurkan dalam tabung Y yang dimiringkan. Catat perubahan yang terjadi. Kemudian timbang kembali tabung Y bersama isinya.

V. Data Percobaan

Massa Sebelum Reaksi	Massa Sesudah Reaksi

VI. Pertanyaan
1. Apakah massa sebelum dan sesudah reaksi sama?
2. Apakah kesimpulan Anda berdasarkan massa zat-zat sebelum dan sesudah reaksi?
3. Bagaimana bunyi hukum Lavoisier berdasarkan percobaan di atas?

B. Hukum Perbandingan Tetap (Hukum Proust)

Pada tahun 1799, **Joseph Louis Proust** menemukan satu sifat penting dari senyawa, yang disebut *hukum perbandingan tetap*. Berdasarkan penelitian terhadap berbagai senyawa yang dilakukannya, Proust menyimpulkan bahwa "Perbandingan massa unsur-unsur dalam satu senyawa adalah tertentu dan tetap."

Senyawa yang sama meskipun berasal dari daerah berbeda atau dibuat dengan cara yang berbeda ternyata mempunyai komposisi yang sama. Contohnya, hasil analisis terhadap garam natrium klorida dari berbagai daerah sebagai berikut.

Tabel 3.4 Hasil Analisis terhadap Garam dari Berbagai Daerah

Asal	Massa Garam	Massa Natrium	Massa Klorida	Massa Na : Cl
Indramayu	2 gram	0,786 gram	1,214 gram	1 : 1,54
Madura	1,5 gram	0,59 gram	0,91 gram	1 : 1,54
Impor	2,5 gram	0,983 gram	1,517 gram	1 : 1,54

Sebagaimana ditunjukkan dalam perhitungan di atas, bahwa perbandingan massa Na terhadap Cl ternyata tetap, yaitu 1 : 1,54. Jadi, senyawa tersebut memenuhi hukum Proust.



Gambar 3.3 Joseph Louis Proust (1754 – 1826) adalah seorang ahli kimia Perancis. Ia mendalami analisis kimia dan menjadi terkenal setelah merumuskan hukum perbandingan tetap untuk senyawa. Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter & Change, Martin S. Silberberg, 2000.

Contoh menentukan perbandingan massa unsur-unsur dalam senyawa sebagai berikut.
Tabel 3.5 menunjukkan data hasil percobaan reaksi besi dengan belerang membentuk senyawa besi sulfida (FeS).

Tabel 3.5 Perbandingan Massa Besi dan Belerang pada Senyawa FeS

No.	Massa Besi (Fe) yang Direaksikan	Massa Belerang (S) yang Direaksikan	Massa FeS yang Terbentuk	Perbandingan Massa Fe dan S pada FeS
1.	0,42 gram	0,24 gram	0,66 gram	7 : 4
2.	0,49 gram	0,28 gram	0,77 gram	7 : 4
3.	0,56 gram	0,32 gram	0,88 gram	7 : 4
4.	0,71 gram	0,40 gram	1,11 gram	7 : 4

Berdasarkan data tersebut ternyata perbandingan massa besi dan belerang pada senyawa besi sulfida (FeS) selalu tetap, yaitu 7 : 4.

Data reaksi antara hidrogen dan oksigen membentuk air, jika diketahui perbandingan massa H : O membentuk air adalah 1 : 8 sebagai berikut.

Tabel 3.6 Data Reaksi antara Hidrogen dan Oksigen Membentuk Air

No.	Massa Hidrogen yang Direaksikan	Massa Oksigen yang Direaksikan	Massa Air yang Terbentuk	Massa Pereaksi yang Tersisa
1.	1 gram	8 gram	9 gram	-
2.	2 gram	16 gram	18 gram	-
3.	1 gram	9 gram	9 gram	1 gram oksigen
4.	5 gram	24 gram	27 gram	2 gram hidrogen
5.	10 gram	10 gram	11,25 gram	8,75 gram hidrogen

Contoh 3.6

Diketahui perbandingan massa kalsium dan oksigen dalam membentuk senyawa kalsium oksida adalah **5** : **2**. Bila direaksikan 10 gram kalsium dan 12 gram oksigen, tentukan massa kalsium oksida (CaO) yang terbentuk dan sisa pereaksi!

Jawab:

Langkah-langkah	Massa Kalsium	Massa Oksigen	Massa CaO yang Terbentuk	Massa Sisa Pereaksi
Mula-mula	10 gram	12 gram	–	–
Perbandingan massa	$\frac{10}{5} = 2$ * (pilih angka kecil)	$\frac{12}{2} = 6$		
Bereaksi	$2 \times 5 = 10$ gram	$2 \times 2 = 4$ gram	$10 + 4 = 14$ gram	
Sisa	$10 - 10 = 0$ gram	$12 - 4 = 8$ gram		8 gram oksigen

Latihan 3.6

Selesaikan soal-soal berikut seperti contoh!

1. Perbandingan massa karbon (C) terhadap oksigen (O) dalam senyawa karbon dioksida (CO_2) adalah 3 : 8. Berapa gram massa karbon dioksida yang terbentuk dan sisa pereaksi, jika direaksikan:
 a. 6 gram karbon dengan 16 gram oksigen
 b. 6 gram karbon dengan 8 gram oksigen
 c. 3 gram karbon dengan 10 gram oksigen
 d. 12 gram karbon dengan 24 gram oksigen
2. Perbandingan massa Fe : S dalam senyawa FeS adalah 7 : 4. Berapakah massa FeS yang terbentuk dan massa sisa pereaksi, jika direaksikan 35 gram besi dan 16 gram belerang?
3. Jika direaksikan 1 gram zat *X* dengan 3 gram zat *Y* sehingga terbentuk 2,33 gram senyawa *XY*, berapakah perbandingan massa unsur *X* : *Y* dalam senyawa *XY* tersebut!

4. Logam natrium jika direaksikan dengan gas oksigen akan membentuk natrium oksida (Na_2O). Data beberapa percobaannya sebagai berikut.

Sampel	Massa Senyawa (gram)	Massa Natrium (gram)	Massa Oksigen (gram)
A	1,020	0,757	0,263
B	1,548	1,149	0,399
C	1,382	1,025	0,357

a. Tentukan perbandingan massa natrium dengan massa oksigen pada setiap sampel!
c. Apakah data tersebut sesuai dengan hukum perbandingan tetap? Jelaskan!
d. Tuliskan reaksi pada percobaan tersebut!

5. Diketahui perbandingan massa tembaga dan oksigen dalam senyawa CuO adalah 4 : 1. Tentukan massa CuO yang terbentuk dan sisa pereaksi, jika direaksikan:
 a. 8 gram tembaga dengan 2 gram oksigen
 b. 12 gram tembaga dengan 3 gram oksigen
 c. 20 gram tembaga dengan 10 gram oksigen
 d. 32 gram tembaga dengan 5 gram oksigen

6. Tabel berikut menunjukkan hasil eksperimen reaksi pembentukan magnesium oksida (MgO).

Percobaan	Massa Mg (gram)	Massa O (gram)	Massa MgO (gram)
1	0,72	0,48	?
2	?	?	2,8
3	?	1,5	3,75

 a. Salin dan lengkapilah massa magnesium, massa oksigen, dan massa magnesium oksida (MgO) dalam tabel tersebut!
 b. Tentukan perbandingan massa magnesium dengan massa oksigen dalam MgO!

Tugas Kelompok 1

I. Judul: Hukum Dasar Kimia (Hukum Proust)

II. Kompetensi Dasar
Menemukan hukum-hukum dasar kimia melalui percobaan dan mengkomunikasikan berlakunya hukum-hukum dasar kimia melalui percobaan.

III. Alat dan Bahan

No.	Nama Alat	Jumlah
1.	Tabung reaksi	5 buah
2.	Penggaris	1 buah
3.	Bunsen	1 buah
4.	Penjepit	1 buah
5.	Rak tabung reaksi	1 buah
6.	Neraca/timbangan	1 buah

No.	Nama Bahan	Jumlah
1.	Tembaga	5 buah
2.	Belerang	15 spatula

IV. Prosedur Percobaan

1. Timbanglah 1 spatula belerang, catat massanya.
2. Timbanglah satu lempeng tembaga (6 cm × 0,8 cm).
3. Masukkan 1 spatula belerang dan satu lempeng tembaga (6 cm × 0,8 cm) ke dalam tabung reaksi kering secara terpisah.
4. Panaskan lempeng tembaga, kemudian tegakkan tabung reaksi sehingga lempeng tembaga jatuh ke serbuk belerang.
5. Lanjutkan pemanasan sampai tembaga berpijar dan belerang habis bereaksi.
6. Ukur panjang tembaga yang bereaksi dan panjang tembaga sisa hasil reaksi.
7. Timbanglah dan catat massa tembaga sisa.
8. Hitunglah massa tembaga yang bereaksi.
9. Ulangi percobaan di atas mulai nomor 1 dengan menggunakan serbuk belerang sebanyak 2, 3, 4, 5 kali jumlah semula.
10. Buatlah grafik hubungan antara panjang tembaga yang beraksi terhadap jumlah belerang yang digunakan.

V. Data Percobaan

Jumlah Takaran Belerang	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Massa belerang					
Panjang tembaga mula-mula (mm)					
Panjang tembaga sisa (mm)					
Panjang tembaga yang bereaksi (mm)					
Massa tembaga mula-mula					
Massa tembaga sisa					
Massa tembaga yang bereaksi					

VI. Pertanyaan

1. Bagaimana hubungan antara panjang lempeng tembaga yang bereaksi dengan jumlah belerang yang digunakan?
2. Bagaimana hubungan antara massa tembaga dan massa belerang yang bereaksi?
3. Jelaskan pendapat Anda berdasarkan hukum Proust!

Tugas Kelompok 2

Membuktikan Hukum Perbandingan Tetap

1. Siapkan cawan petri dan tutupnya. Timbang dan catat massanya dalam kolom m_1 pada tabel di bawah.
2. Siapkan tiga pita magnesium (Mg) dengan ukuran berbeda.
3. Ambil satu pita Mg dan letakkan dalam wadah cawan petri. Timbang dan catatlah dalam kolom m_2.

4. Panaskan wadah tersebut. Selama pemanasan, gunakan penjepit untuk membuka tutup wadah sedikit dari waktu ke waktu agar oksigen di udara dapat masuk. Usahakan asap putih yang terbentuk tidak keluar dari wadah.
5. Setelah pemanasan selesai, timbang dan catatlah massa cawan petri dan isinya dalam kolom m_3.
6. Ulangi percobaan dengan kedua pita Mg lainnya.

Percobaan	Massa Wadah + Tutup	Massa Sebelum Pemanasan	Massa Setelah Pemanasan	Massa Magnesium yang Direaksikan	Massa Oksigen yang Direaksikan	Massa Magnesium Oksida yang Terbentuk
	m_1	m_2	m_3	$(m_2 - m_1)$	$(m_3 - m_2)$	$(m_3 - m_1)$
1						
2						
3						

Berdasarkan hasil eksperimen di atas, tentukan perbandingan massa magnesium dengan massa oksigen yang bereaksi. Apa yang dapat Anda simpulkan dari eksperimen ini berkaitan dengan hukum perbandingan tetap?

C. Hukum Kelipatan Perbandingan (Hukum Dalton)

Hukum Proust dikembangkan lebih lanjut oleh para ilmuwan untuk unsur-unsur yang dapat membentuk lebih dari satu jenis senyawa. Salah seorang di antaranya adalah **John Dalton** (1766 – 1844). Dalton mengamati adanya suatu keteraturan yang terkait dengan perbandingan massa unsur-unsur dalam suatu senyawa. Untuk memahami hal ini, perhatikan tabel hasil percobaan reaksi antara nitrogen dengan oksigen berikut.

Tabel 3.7 Reaksi antara Nitrogen dengan Oksigen

Jenis Senyawa	Massa Nitrogen yang Direaksikan	Massa Oksigen yang Direaksikan	Massa Senyawa yang Terbentuk
Nitrogen monoksida	0,875 gram	1,00 gram	1,875 gram
Nitrogen dioksida	1,75 gram	1,00 gram	2,75 gram

Dengan massa oksigen yang sama, ternyata perbandingan massa nitrogen dalam senyawa nitrogen dioksida dan senyawa nitrogen monoksida merupakan bilangan bulat dan sederhana.

$$\frac{\text{Massa nitrogen dalam senyawa nitrogen dioksida}}{\text{Massa nitrogen dalam senyawa nitrogen monoksida}} = \frac{1,75 \text{ gram}}{0,87 \text{ gram}} = \frac{2}{1}$$

Berdasarkan hasil percobaannya, Dalton merumuskan *hukum kelipatan perbandingan (hukum Dalton)* yang berbunyi:

"Jika dua jenis unsur bergabung membentuk lebih dari satu senyawa, dan jika massa-massa salah satu unsur dalam senyawa-senyawa tersebut sama, sedangkan massa-massa unsur lainnya berbeda, maka perbandingan massa unsur lainnya dalam senyawa-senyawa tersebut merupakan bilangan bulat dan sederhana. "



Gambar 3.4 John Dalton (1766 – 1844) adalah ilmuwan Inggris. Sumber: Microsoft ® Encarta ® Reference Library 2005

Latihan 3.7

1. Belerang dan oksigen bereaksi membentuk dua jenis senyawa. Kadar belerang dalam senyawa I dan II berturut-turut adalah 50% dan 40%. Apakah hukum Dalton berlaku untuk senyawa tersebut?
2. Fosfor dan oksigen membentuk dua macam senyawa. Dalam 55 gram senyawa I terdapat 31 gram fosforus, sedangkan 71 gram senyawa II mengandung 40 gram oksigen. Tunjukkan bahwa kedua senyawa itu memenuhi hukum Dalton!
3. Nitrogen dan oksigen membentuk berbagai macam senyawa. Tiga di antaranya mengandung nitrogen masing-masing 25,93%, 30,43%, dan 36,84%. Tunjukkan bahwa ketiga senyawa itu memenuhi hukum Dalton!

D. Hukum Perbandingan Volume (Hukum Gay Lussac)

Pada awalnya para ilmuwan menemukan bahwa gas hidrogen dapat bereaksi dengan gas oksigen membentuk air. Perbandingan volume gas hidrogen dan oksigen dalam reaksi tersebut adalah tetap, yaitu 2 : 1. Pada tahun 1808, **Joseph Louis Gay Lussac** melakukan percobaan serupa dengan menggunakan berbagai macam gas. Ia menemukan bahwa perbandingan volume gas-gas dalam reaksi selalu merupakan bilangan bulat sederhana.

2 volume gas hidrogen + 1 volume gas oksigen	→ 2	volume uap air
1 volume gas nitrogen + 3 volume gas hidrogen	→ 2	volume gas amonia
1 volume gas hidrogen + 1 volume gas klorin	→ 2	volume gas hidrogen klorida

Percobaan-percobaan Gay Lussac tersebut dapat kita nyatakan dalam persamaan reaksi sebagai berikut.

$$2\ H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2\ H_2O(l)$$
$$N_2(g) + 3\ H_2(g) \longrightarrow 2\ NH_3(g)$$
$$H_2(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2\ HCl(g)$$

Dari percobaan ini, Gay Lussac merumuskan *hukum perbandingan volume* (*hukum Gay Lussac*):

"Pada suhu dan tekanan yang sama, volume gas-gas yang bereaksi dan volume gas-gas hasil reaksi berbanding sebagai bilangan bulat sederhana."

Hukum perbandingan volume dari Gay Lussac dapat kita nyatakan sebagai berikut.

"Perbandingan volume gas-gas sesuai dengan koefisien masing-masing gas."

Untuk dua buah gas (misalnya gas *A* dan gas *B*) yang tercantum dalam satu persamaan reaksi, berlaku hubungan:



Gambar 3.5. Joseph Louis Gay Lussac (1778 – 1850) dari Perancis hidup pada masa revolusi Perancis sekaligus masa revolusi ilmu kimia. Sumber: Microsoft ® Encarta ® Reference Library 2005

$$\frac{\text{Volume } A}{\text{Volume } B} = \frac{\text{koefisien } A}{\text{koefisien } B}$$

$$\text{Volume } A = \frac{\text{koefisien } A}{\text{koefisien } B} \times \text{volume } B$$

Contoh 3.7

1. Tiga liter gas propana (C_3H_8) dibakar sempurna dengan gas oksigen membentuk gas karbon dioksida dan air, sesuai persamaan reaksi berikut.

 $C_3H_8(g) + 5\ O_2(g) \longrightarrow 3\ CO_2(g) + 4\ H_2O(l)$

 a. Berapa liter gas oksigen yang diperlukan?
 b. Berapa liter gas karbon dioksida yang terbentuk?
 c. Berapa liter air yang terbentuk?

Jawab:

$C_3H_8(g) + 5\ O_2(g) \longrightarrow 3\ CO_2(g) + 4\ H_2O(l)$

a. $\dfrac{\text{Volume } O_2}{\text{Volume } C_3H_8} = \dfrac{\text{koefisien } O_2}{\text{koefisien } C_3H_8}$

$\text{Volume } O_2 = \dfrac{\text{koefisien } O_2}{\text{koefisien } C_3H_8} \times \text{volume } C_3H_8$

$= \dfrac{5}{1} \times 3 \text{ liter} = 15 \text{ liter}$

b. $\dfrac{\text{Volume } CO_2}{\text{Volume } C_3H_8} = \dfrac{\text{koefisien } CO_2}{\text{koefisien } C_3H_8}$

$\text{Volume } CO_2 = \dfrac{\text{koefisien } CO_2}{\text{koefisien } C_3H_8} \times \text{volume } C_3H_8$

$= \dfrac{3}{1} \times 3 \text{ liter} = 9 \text{ liter}$

c. $\dfrac{\text{Volume } H_2O}{\text{Volume } C_3H_8} = \dfrac{\text{koefisien } H_2O}{\text{koefisien } C_3H_8}$

$\text{Volume } H_2O = \dfrac{\text{koefisien } H_2O}{\text{koefisien } C_3H_8} \times \text{volume } C_3H_8$

$= \dfrac{4}{1} \times 3 \text{ liter} = 12 \text{ liter}$

2. Sepuluh mL gas nitrogen (N_2) dan 15 mL gas oksigen (O_2) tepat habis bereaksi menjadi 10 mL gas N_aO_b. Tentukan rumus kimia gas N_aO_b tersebut!

Jawab:

Perbandingan koefisien = perbandingan volume

Koefisien $N_2 : O_2 : N_aO_b = 10 : 15 : 10 = 2 : 3 : 2$

$2\ N_2 + 3\ O_2 \longrightarrow 2\ N_aO_b$

Karena jumlah atom di ruas kiri dan di ruas kanan sama, maka harga a dan b dapat dicari sebagai berikut.

Jumlah atom N kiri = Jumlah atom N kanan

$2 \times 2 = 2a$

$4 = 2a$

$a = 2$

Jumlah atom O kiri = Jumlah atom O kanan

$3 \times 2 = 2b$

$6 = 2b$

$b = 3$

Jadi, rumus kimia senyawa tersebut adalah N_2O_3.

Latihan 3.8

1. Lima liter gas asetilena dibakar sempurna sesuai persamaan reaksi berikut.

 $2\ C_2H_2(g) + 5\ O_2(g) \longrightarrow 4\ CO_2(g) + 2\ H_2O(g)$

 Pada suhu dan tekanan yang sama, tentukan:
 a. volume gas oksigen yang diperlukan
 b. volume gas karbon dioksida yang dihasilkan
 c. volume air yang dihasilkan
2. Sepuluh liter gas hidrogen bromida terurai sebagai berikut.

 $2\ HBr(g) \longrightarrow H_2(g) + Br_2(g)$

 Pada suhu dan tekanan yang sama, tentukan volume gas hidrogen dan volume gas bromin yang dihasilkan!
3. Lima liter gas N_2O_5 terurai sesuai reaksi berikut.

 $2\ N_2O_5(g) \longrightarrow 2\ N_2(g) + 5\ O_2(g)$

 Pada suhu dan tekanan yang sama, tentukan volume gas nitrogen dan volume gas oksigen yang terbentuk!

E. Hipotesis Avogadro

Mengapa perbandingan volume gas-gas dalam suatu reaksi merupakan bilangan sederhana? Banyak ahli termasuk Dalton dan Gay Lussac gagal menjelaskan hukum perbandingan volume yang ditemukan oleh Gay Lussac. Ketidakmampuan Dalton karena ia menganggap partikel unsur selalu berupa atom tunggal (monoatomik). Pada tahun 1811, **Amedeo Avogadro** menjelaskan percobaan Gay Lussac. Menurut Avogadro, partikel unsur tidak selalu berupa atom tunggal (monoatomik), tetapi berupa 2 atom (diatomik) atau lebih (poliatomik). Avogadro menyebutkan partikel tersebut sebagai molekul.



Gambar 3.6 Amedeo Avogadro (1776–1857) berasal dari Italia. Sumber: Microsoft ® Encarta ® Reference Library 2005.

Gay Lussac:

2 volume gas hidrogen + 1 volume gas oksigen $\longrightarrow$ 2 volume uap air

Avogadro:

2 molekul gas hidrogen + 1 molekul gas oksigen $\longrightarrow$ 2 molekul uap air

Dari sini Avogadro mengajukan hipotesisnya yang dikenal *hipotesis Avogadro* yang berbunyi:

"Pada suhu dan tekanan yang sama, semua gas dengan volume yang sama akan mengandung jumlah molekul yang sama pula."

Jadi, perbandingan volume gas-gas itu juga merupakan perbandingan jumlah molekul yang terlibat dalam reaksi. Dengan kata lain perbandingan volume gas-gas yang bereaksi sama dengan koefisien reaksinya (Martin S. Silberberg, 2000). Marilah kita lihat bagaimana hipotesis Avogadro dapat menjelaskan hukum perbandingan volume dan sekaligus dapat menentukan rumus molekul berbagai unsur dan senyawa.

Contoh 3.8

1. Reaksi antara gas hidrogen dengan gas klorin membentuk gas hidrogen klorida. Menurut percobaan, perbandingan volume gas hidrogen : klorin : hidrogen klorida adalah 1 : 1 : 2. Berarti perbandingan jumlah molekul hidrogen : klorin : hidrogen klorida yang terlibat dalam reaksi adalah 1 : 1 : 2. Jika dimisalkan rumus molekul gas hidrogen adalah H_x, klorin Cl_y, dan hidrogen klorida H_aCl_b (x, y, a, b harus bilangan bulat), maka persamaan reaksinya dapat ditulis:

 1 $H_x(g)$ + **1** $Cl_y(g)$ $\longrightarrow$ **2** $H_aCl_b(g)$

 Nilai paling sederhana untuk x dan y yang membuat persamaan tersebut setara adalah $x = 2$ dan $y = 2$ (tidak mungkin nilai $x = 1$ dan $y = 1$ sebab jika $x = 1$ dan $y = 1$, maka nilai a dan b merupakan pecahan, yaitu 0,5).
 Untuk $x = 2$ maka nilai $a = 1$ dan untuk $y = 2$ maka nilai $b = 1$.
 Jadi, rumus molekul hidrogen adalah H_2, klorin adalah Cl_2, dan hidrogen klorida adalah HCl.
 Persamaan reaksi di atas menjadi:

 $H_2(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2\ HCl(g)$

2. Reaksi antara gas hidrogen dengan gas oksigen membentuk uap air. Menurut pecobaan, perbandingan volume gas hidrogen : oksigen : uap air adalah 2 : 1 : 2. Berarti perbandingan jumlah molekul gas hidrogen : oksigen : uap air yang terlibat dalam reaksi adalah 2 : 1 : 2. Misalkan rumus gas hidrogen adalah H_x, oksigen O_y, dan air H_aO_b, maka persamaan reaksinya dapat ditulis sebagai berikut.

 2 $H_x(g)$ + **1** $O_y(g)$ $\longrightarrow$ **2** $H_aO_b(g)$

 Dengan rumus molekul hidrogen H_2 ($x = 2$) maka nilai $a = 2$. Nilai paling sederhana untuk y adalah 2, dengan demikian $b = 1$. Jadi rumus molekul hidrogen adalah H_2 dan oksigen O_2, sehingga rumus molekul air adalah H_2O.

Contoh 3.9

Menentukan Rumus Molekul Senyawa Gas

1. Dua liter gas nitrogen (N_2) tepat bereaksi dengan 3 liter gas oksigen (O_2) membentuk 2 liter gas N_aO_b, semuanya diukur pada suhu (T) dan tekanan (P) yang sama. Tentukan rumus molekul gas tersebut!

 Jawab:

 Karena perbandingan volume gas merupakan koefisien reaksi, maka persamaan reaksinya dapat ditulis sebagai berikut.

 $2\ N_2(g) + 3\ O_2(g) \longrightarrow 2\ N_aO_b(g)$

 Jumlah atom ruas kiri = jumlah atom ruas kanan

Jumlah Atom di Ruas Kiri	Jumlah Atom di Ruas Kanan	$\sum$ Ruas Kiri = $\sum$ Ruas Kanan
$N = 2 \times 2 = 4$	$N = 2a$	$4 = 2a$ maka $a = 2$
$O = 3 \times 2 = 6$	$O = 2b$	$6 = 2b$ maka $b = 3$

 Jadi, rumus molekul gas $N_aO_b = N_2O_3$.

2. Suatu senyawa hidrokarbon (C_xH_y) yang berwujud gas terbakar menurut reaksi:

 $C_xH_y(g) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$ (belum setara)

 Dari percobaan diketahui bahwa untuk membakar 2 liter gas C_xH_y (T, P) diperlukan 5 liter gas oksigen (T, P) dan dihasilkan 4 liter gas karbon dioksida (T, P). Tentukan rumus molekul hidrokarbon tersebut!

 Jawab:

 Karena perbandingan volume merupakan koefisien reaksi, maka persamaan reaksinya menjadi:

 $2\ C_xH_y(g) + 5\ O_2(g) \longrightarrow 4\ CO_2(g) + \ldots.\ H_2O(g)$ (belum setara)

 Untuk kesetaraan atom oksigen, maka koefisien H_2O adalah 2 (10 – 8), dengan demikian persamaan reaksi setara menjadi:

 $2\ C_xH_y(g) + 5\ O_2(g) \longrightarrow 4\ CO_2(g) + 2\ H_2O(g)$

 Untuk kesetaraan atom C dan H sebagai berikut.

Jumlah Atom di Ruas Kiri	Jumlah Atom di Ruas Kanan	$\sum$ Ruas Kiri = $\sum$ Ruas Kanan
$C = 2x$	$C = 4$	$2x = 4$ maka $x = 2$
$H = 2y$	$H = 2 \times 2 = 4$	$2y = 4$ maka $y = 2$

 Jadi, rumus molekul hidrokarbon tersebut adalah C_2H_2.

Latihan 3.9

1. Satu liter (T, P) gas fosfor (P_4) bereaksi dengan 5 liter (T, P) gas oksigen (O_2) membentuk 2 liter gas P_aO_b. Tentukan rumus molekul gas P_aO_b!
2. Dua liter (T, P) gas nitrogen bereaksi dengan 4 liter (T, P) gas oksigen membentuk 4 liter gas X. Tentukan rumus molekul gas X tersebut!
3. Pada penguraian sempurna 10 liter (T, P) suatu oksida nitrogen (N_aO_b) yang berupa gas dihasilkan 20 liter (T, P) gas nitrogen dioksida dan 5 liter (T, P) gas oksigen. Tentukan rumus molekul N_aO_b!
4. Pada pembakaran sempurna 5 liter (T, P) gas C_xH_y diperlukan 15 liter (T, P) gas oksigen dan dihasilkan 10 liter (T, P) gas karbon dioksida sesuai persamaan reaksi berikut.

 $C_xH_y(g) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + H_2O(l)$ (belum setara)

 Tentukan rumus molekul C_xH_y tersebut!

Contoh 3.10

1. Menentukan Volume Gas Lain Jika Volume Salah Satu Gas Diketahui
 Lima liter gas butana (C_4H_{10}) dibakar sempurna menurut reaksi:

 $C_4H_{10}(g) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + H_2O(l)$ (belum setara)

 Hitunglah volume oksigen yang dibutuhkan dan volume gas karbon dioksida yang terbentuk!

 Jawab:

 $2\ C_4H_{10}(g) + 13\ O_2(g) \longrightarrow 8\ CO_2(g) + 10\ H_2O(l)$

 $$\text{Volume oksigen} = \frac{\text{koefisien } O_2}{\text{koefisien } C_4H_{10}} \times \text{volume } C_4H_{10}$$

 $$= \frac{13}{2} \times 5 \text{ liter} = 32{,}5 \text{ liter}$$

 $$\text{Volume karbon dioksida} = \frac{\text{koefisien } CO_2}{\text{koefisien } C_4H_{10}} \times \text{volume } C_4H_{10}$$

 $$= \frac{8}{2} \times 5 \text{ liter} = 20 \text{ liter}$$

2. Volume Gas dalam Campuran
 Pada pembakaran sempurna 5 liter (T, P) campuran CH_4 dan C_2H_6 dihasilkan 7 liter (T, P) karbon dioksida. Tentukan volume masing-masing gas dalam campuran itu!

Jawab:

Persamaan reaksi pembakaran CH_4 dan C_2H_6 tersebut adalah:

$CH_4(g) + 2\ O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2\ H_2O(l)$

$2\ C_2H_6 + 7\ O_2(g) \longrightarrow 4\ CO_2(g) + 6\ H_2O(l)$

Misal: volume C_2H_6 = A liter
volume CH_4 = $(5 - A)$ liter

(1) $CH_4(g) + 2\ O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2\ H_2O(l)$
$(5 - A)$ liter $(5 - A)$ liter

(2) $2\ C_2H_6(g) + 7\ O_2(g) \longrightarrow 4\ CO_2(g) + 6\ H_2O(l)$

A liter $\frac{4}{2} \times A$ liter
$= 2A$ liter

Dari persamaan (1) dan (2), maka volume CO_2 total = $CO_2(1) + CO_2(2)$

$7 = (5 - A) + 2A$

$7 - 5 = A$

$A = 2$

Jadi, volume C_2H_6 = A liter = 2 liter
volume CH_4 = $5 - A$ = $5 - 2$ = 3 liter

Latihan 3.10

1. Gas belerang dioksida dibuat dengan reaksi antara gas belerang dan gas oksigen menurut persamaan reaksi:

 $S(g) + O_2(g) \longrightarrow SO_2(g)$

 Berapa volume gas belerang (T, P) dan gas oksigen (T, P) yang diperlukan untuk membuat 50 liter gas belerang dioksida (T, P)?
2. Pada pembakaran 5 liter (T, P) alkohol menurut reaksi:

 $C_2H_5OH(g) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + H_2O(l)$

 tentukan volume oksigen (T, P) dan volume gas karbon dioksida (T, P)!
3. Pada pembakaran sempurna 10 liter (T, P) campuran CH_4 dan C_2H_4 sesuai reaksi:

 $CH_4(g) + 2\ O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2\ H_2O(l)$

 $C_2H_4(g) + 3\ O_2(g) \longrightarrow 2\ CO_2(g) + 2\ H_2O(l)$

 tentukan susunan volume dalam campuran tersebut!

Latihan 3.11

1. Untuk membuat 36 gram tembaga sulfida dengan perbandingan massa Fe : S = 7 : 4, tentukan massa besi dan belerang yang dibutuhkan!
2. Perbandingan massa karbon dengan massa oksigen dalam CO_2 adalah 3 : 4. Berapakah massa masing-masing unsur yang terdapat dalam 28 gram gas karbon dioksida?
3. Pada reaksi:

 $PCl_3(g) + Cl_2(g) \longrightarrow PCl_5(g)$

 tentukan perbandingan volume $PCl_3 : Cl_2 : PCl_5$!
4. Bila dua unsur, S dan O, dapat membentuk dua senyawa, yaitu SO_2 dan SO_3, bagaimanakah perbandingan massa unsur S dan O pada senyawa pertama dan senyawa kedua? (A_r S = 32 dan O = 16).
5. Berikut adalah hasil percobaan reaksi antara tembaga (Cu) dengan belerang (S) menghasilkan tembaga sulfida.

No.	Massa Cu (gram)	Massa S (gram)	Massa CuS (gram)
1.	0,24	0,12	0,36
2.	0,30	0,15	0,45
3.	0,40	0,20	0,60
4.	0,50	0,25	0,75

 Berdasarkan data hasil percobaan tersebut, berapakah perbandingan massa tembaga dan belerang dalam senyawa CuS?
6. Dua liter suatu gas hidrokarbon (C_xH_y) dibakar sempurna memerlukan 6 liter gas oksigen dan menghasilkan 4 liter gas karbon dioksida dan uap air. Tuliskan persamaan reaksi dan tentukan rumus kimia gas hidrokarbon tersebut!
7. Pada suhu dan tekanan tertentu, 5 liter gas CO_2 mengandung $6{,}02 \times 10^{23}$ molekul. Pada suhu dan tekanan yang sama, berapakah volume dari $3{,}01 \times 10^{24}$ molekul gas NH_3?
8. Delapan liter campuran gas metana (CH_4) dan propana (C_3H_8)yang dibakar memerlukan 25 liter gas oksigen. Berapakah volume masing-masing gas?
9. Sepuluh liter gas N_xO_y terurai 10 liter gas NO dan 5 liter O_2. Tentukan rumus kimia gas tersebut!
10. Diketahui reaksi:

 $C_2H_4 + 3\ O_2 \longrightarrow 2\ CO_2 + 2\ H_2O$

 Bila udara mengandung 20% oksigen, berapa liter udara yang diperlukan untuk membakar 2 liter C_2H_4?
11. Berapa liter uap air yang terbentuk dari 4 liter gas H_2 dan 2 liter gas O_2? Tuliskan persamaan reaksinya!

12. Pada suhu dan tekanan tertentu, gas etanol (C_2H_5OH) dibakar sempurna dengan 60 liter udara yang mengandung 20% oksigen, menurut persamaan reaksi:

 $C_2H_5OH + 3\ O_2 \longrightarrow 2\ CO_2 + 3\ H_2O$

 Bila diukur pada suhu dan tekanan yang sama, tentukan:
 a. volume etanol yang dibakar
 b. volume gas karbon dioksida yang dihasilkan

13. Satu liter campuran gas mengandung 60% gas metana (CH_4) dan 40% gas etana (C_2H_6). Tuliskan persamaan reaksinya dan tentukan volume gas oksigen yang diperlukan!

14. Pada suhu dan tekanan tertentu, 10 mL gas nitrogen mengandung $1{,}204 \times 10^{21}$ molekul, bereaksi dengan hidrogen sebagai berikut.

 $N_2(g) + 3\ H_2(g) \longrightarrow 2\ NH_3(g)$

 Pada suhu dan tekanan yang sama, tentukan:
 a. volume hidrogen dan volume amonia (NH_3)
 b. jumlah molekul hidrogen dan amonia

15. Suatu hidrokarbon (C_xH_y) dibakar sempurna dengan oksigen menghasilkan gas CO_2 dan uap air dengan volume yang sama. Tentukan perbandingan *x* dengan *y*!

Latihan 3.12

1. Bagaimana bunyi hukum Gay Lussac dan hipotesis Avogadro? Sebutkan manfaat dari masing-masing hukum tersebut!
2. Dalam 1 liter gas oksigen (*T*, *P*) terdapat $2{,}3 \times 10^{22}$ molekul oksigen. Pada suhu dan tekanan yang sama, tentukan:
 a. jumlah molekul 5 liter gas amonia
 b. jumlah atom dalam 10 liter gas neon
 c. jumlah molekul dalam 2 liter gas hidrogen
3. Pada suhu dan tekanan tertentu, satu liter gas nitrogen mengandung *Q* partikel. Pada suhu dan tekanan yang sama, tentukan jumlah partikel 7 liter gas amonia!
4. Satu liter (*T*, *P*) gas fosfor (P_4) direaksikan dengan 6 liter (*T*, *P*) gas klorin (Cl_2) membentuk 4 liter gas P_xCl_y. Tentukan rumus molekul gas P_xCl_y tersebut!
5. Suatu bahan bakar gas terdiri dari 80% volume metana (CH_4) dan sisanya etana (C_2H_6). Hitunglah volume oksigen (*T*, *P*) yang diperlukan untuk membakar sempurna 1 liter (*T*, *P*) bahan bakar tersebut!
6. Berapa liter udara (*T*, *P*) yang diperlukan untuk membakar sempurna 5 liter C_2H_6, bila diketahui kadar oksigen di udara adalah 20%? Persamaan reaksinya sebagai berikut.

 $C_2H_6(g) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + H_2O(l)$ (belum setara)

7. Pada pembakaran sempurna 10 liter (*T*, *P*) campuran metana (CH_4) dan etana (C_2H_6) dihasilkan 13 liter karbon dioksida (*T*, *P*). Persamaan reaksinya adalah:

 $CH_4(g) + 2\ O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2\ H_2O(l)$

 $2\ C_2H_6(g) + 7\ O_2(g) \longrightarrow 4\ CO_2(g) + 6\ H_2O(l)$

 Hitunglah:
 a. komposisi masing-masing gas dalam campuran
 b. volume oksigen yang dibutuhkan

8. Pada pembakaran sempurna 5 liter gas yang merupakan campuran metana (CH_4) dan asetilena (C_2H_2) dipElektrolit erlukan 11 liter (*T*, *P*) gas oksigen. Persamaan reaksinya adalah:

 $CH_4(g) + 2\ O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2\ H_2O(l)$

 $2\ C_2H_2(g) + 5\ O_2(g) \longrightarrow 4\ CO_2(g) + 2\ H_2O(l)$

 Hitunglah volume masing-masing gas dalam campuran!

3.4 Konsep Mol

Dalam kehidupan sehari-hari kita sering menggunakan satuan untuk menyebutkan bilangan yang besar untuk mempermudah perhitungan. Sebagai contoh satuan lusin digunakan untuk menyebutkan benda yang jumlahnya 12 buah.

1 lusin = 12 buah
2 lusin = 2 × 12 = 24 buah

Satuan jumlah zat dalam ilmu kimia disebut *mol*. Satu mol zat mengandung jumlah partikel yang sama dengan jumlah partikel dalam 12 gram C–12, yaitu $6{,}02 \times 10^{23}$ partikel. Jumlah partikel ini disebut sebagai *bilangan Avogadro*. Partikel zat dapat berupa atom, molekul, atau ion (Martin S. Silberberg, 2000).

Contoh:

- 1 mol besi (Fe) mengandung $6{,}02 \times 10^{23}$ atom besi (partikel unsur besi adalah atom).
- 1 mol air (H_2O) mengandung $6{,}02 \times 10^{23}$ molekul air (partikel senyawa air adalah molekul).
- 1 mol Na^+ mengandung $6{,}02 \times 10^{23}$ ion Na^+ (partikel ion Na^+ adalah ion).
- 5 mol CO_2 mengandung $5 \times 6{,}02 \times 10^{23} = 3{,}01 \times 10^{24}$ molekul CO_2.
- 0,2 mol hidrogen mengandung $0{,}2 \times 6{,}02 \times 10^{23} = 1{,}204 \times 10^{23}$ atom hidrogen.



Gambar 3.7 Garam natrium klorida (NaCl) sebanyak 1 mol. Sumber: Chemistry, "The Molecules Nature of Matter and Change", Martin S. Silberberg, USA.



Gambar 3.8 Natrium bikromat (Na_2CrO_4) sebanyak 1 mol. Sumber: Chemistry, "The Molecules Nature of Matter and Change", Martin S. Silberberg, USA.

A. Hubungan Mol (n) dengan Jumlah Partikel (X)

Hubungan antara jumlah mol (n) dengan jumlah partikel (X) dalam zat dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$X = n \times 6{,}02 \times 10^{23} \qquad \text{Jumlah partikel} = \text{mol} \times 6{,}02 \times 10^{23}$$

atau

$$n = \frac{X}{6{,}02 \times 10^{23}} \qquad \text{mol} = \frac{\text{jumlah partikel}}{6{,}02 \times 10^{23}}$$

Contoh 3.11

1. Suatu sampel logam mengandung 5 mol emas murni (Au).
 b. Apakah jenis partikel unsur emas?
 c. Berapakah jumlah partikel dalam sampel tersebut?

 Jawab:

 a. Emas adalah unsur logam, sehingga jenis partikelnya adalah atom emas.
 b. Jumlah partikel dalam 5 mol emas murni adalah:

 $X = n \times 6{,}02 \times 10^{23}$ partikel/mol
 $= 5 \text{ mol} \times 6{,}02 \times 10^{23}$ partikel/mol $= 3{,}01 \times 10^{24}$ atom emas

2. Suatu sampel gas O_2 mengandung $1{,}505 \times 10^{23}$ partikel.
 a. Apa jenis partikel gas O_2?
 b. Berapa banyaknya mol O_2 tersebut?

 Jawab:

 a. Gas O_2 adalah unsur diatomik dengan partikel berupa molekul unsur.
 b. Banyaknya mol O_2 yang mengandung $1{,}505 \times 10^{23}$ partikel adalah:

$$n = \frac{X}{6{,}02 \times 10^{23}} = \frac{1{,}505 \times 10^{23}}{6{,}02 \times 10^{23}} = 0{,}25 \text{ mol}$$

3. Terdapat 10 mol senyawa $MgCl_2$.
 a. Sebutkan jenis partikel senyawa $MgCl_2$!
 b. Berapa jumlah partikel senyawa dalam sampel tersebut?

 Jawab:

 a. $MgCl_2$ adalah senyawa ion dengan partikel berupa ion Mg^{2+} dan ion Cl^-.
 b. Jumlah partikel berupa ion Mg^{2+} dan ion Cl^- dalam 10 mol $MgCl_2$.
 1 mol $MgCl_2$ mengandung 1 mol Mg^{2+} dan 2 mol Cl^-, sehingga 10 mol $MgCl_2$ mengandung 10 mol Mg^{2+} dan 20 mol Cl^-.
 Jumlah ion Mg^{2+} = mol $\times 6{,}02 \times 10^{23}$ partikel/mol
 $= 10 \text{ mol} \times 6{,}02 \times 10^{23}$ partikel/mol $= 6{,}02 \times 10^{24}$ partikel(ion)

Jumlah ion Cl^- = mol × 6,02 × 10^{23} partikel/mol
= 20 mol × 6,02 × 10^{23} partikel/mol = 1,204 × 10^{25} partikel(ion)
Jadi, dalam 10 senyawa $MgCl_2$ mengandung 6,02 × 10^{24} ion Mg^{2+} dan 1,204 × 10^{25} ion Cl^-.

Latihan 3.13

1. Dalam 0,1 mol H_2SO_4, tentukan:
 a. jumlah partikel H_2SO_4
 b. jumlah atom H, S, dan O
 c. jumlah ion H^+ dan ion SO_4^{2-}
2. Hitunglah jumlah molekul urea yang terkandung dalam 20 mol urea!
3. Dalam 0,75 mol NH_3, tentukan:
 a. jumlah molekul NH_3
 b. jumlah atom N dan H
4. Hitunglah banyaknya mol besi yang mengandung 4,816 × 10^{24} atom besi!
5. Hitunglah banyaknya mol air yang mengandung 3,01 × 10^{22} molekul air!
6. Hitunglah banyaknya mol aluminium yang mengandung 500.000 atom aluminium!
7. Dalam 10 mol senyawa ion Na_2CO_3, hitunglah banyaknya ion Na^+ dan CO_3^{2-}!
8. Dalam 5 mol $C_6H_{12}O_6$, hitunglah banyaknya atom C, H, dan O!
9. Hitunglah banyaknya mol kapur $CaCO_3$ yang mengandung 3,612 × 10^{23} molekul $CaCO_3$!
10. Hitunglah banyaknya mol CO_2 yang mengandung 1,204 × 10^{18} molekul CO_2!

B. Massa Molar

Massa molar (m_m) menyatakan massa yang dimiliki oleh 1 mol zat. Massa 1 mol zat sama dengan massa molekul relatif (M_r) zat tersebut dengan satuan gram/mol.

Untuk unsur yang partikelnya berupa atom, maka massa molar sama dengan A_r (massa atom relatif) dalam satuan gram/mol.
Contoh:

- Massa molar kalsium (Ca) = massa dari 1 mol kalsium (Ca) = A_r Ca = 40 gram/mol.
- Massa molar besi (Fe) = massa dari 1 mol besi (Fe) = A_r Fe = 56 gram/mol.
- Massa molar aluminium (Al) = massa dari 1 mol aluminium (Al) = A_r Al = 27 gram/mol.

Untuk unsur yang partikelnya berupa molekul dan senyawa, maka massa molar sama dengan M_r (massa molekul relatif) dalam satuan gram/mol.

$$M_r = \sum A_r$$

dengan: M_r = massa molekul relatif (gram/mol)
A_r = massa atom relatif (gram/mol)

(James E. Brady, 1990)

Contoh 3.12

a. Massa molar H_2 = massa dari 1 mol H_2
= M_r H_2
= $2 \times A_r$ H
= 2 × 1 gram/mol
= 2 gram/mol

b. Massa molar O_2 = massa dari 1 mol O_2
= M_r O_2
= $2 \times A_r$ O
= 2 × 16 gram/mol
= 32 gram/mol

c. Massa molar CO_2 = massa dari 1 mol CO_2
= M_r CO_2
= A_r C + (2 × A_r O)
= 12 + (2 × 16)
= 12 + 32 = 44 gram/mol

d. Massa molar H_2O = (2 × A_r H) + A_r O
= (2 × 1) + 16
= 2 + 16
= 18 gram/mol

e. Massa molar H_2SO_4 = (2 × A_r H) + A_r S + (4 × A_r O)
= (2 × 1) + 32 + (4 × 16)
= 2 + 32 + 64
= 98 gram/mol

f. Massa molar CH_3COOH = (2 × A_r C) + (4 × A_r H) + (2 × A_r O)
= (2 × 12) + (4 × 1) + (2 × 16)
= 24 + 4 + 32
= 60 gram/mol

g. Massa molar $(NH_4)_2CO_3$ = (2 × A_r N) + (8 × A_r H) + A_r C + (3 × A_r O)
= (2 × 14) + (8 × 1) + 12 + (3 × 16)
= 28 + 8 + 12 + 48
= 96 gram/mol

Hubungan jumlah mol (n) dengan massa zat (m) adalah:

$$\boldsymbol{m = n \times m_m} \quad \text{atau} \quad \textbf{massa} = \boldsymbol{n \times A_r} \quad \text{atau} \quad \textbf{massa} = \boldsymbol{n \times M_r}$$

dengan: m = massa zat (gram)
n = jumlah mol (mol)
m_m = massa molar = A_r atau M_r (gram/mol)

Jadi banyak mol menjadi:

$$\boldsymbol{n} = \frac{\textbf{massa}}{\boldsymbol{A_r}} \quad \text{atau} \quad \boldsymbol{n} = \frac{\textbf{massa}}{\boldsymbol{M_r}}$$

Contoh 3.13

1. Menghitung Massa Jika Diketahui Jumlah Mol Zat
 Hitunglah massa dari:
 a. 5 mol besi (A_r Fe = 56)
 b. 0,75 mol urea $CO(NH_2)_2$ (A_r C = 12, O = 16, N = 14, dan H = 1)
 c. 0,5 mol O_2 (A_r O = 16)

 Jawab:

 a. massa besi = $n \times A_r$ Fe = 5 mol × 56 mol/gram = 280 gram
 b. massa urea = $n \times M_r$ $CO[NH_2]_2$ = 0,75 mol × 60 mol/gram = 45 gram
 c. massa O_2 = $n \times M_r$ O_2 = 0,5 mol × 32 mol/gram = 16 gram

2. Menghitung Mol Jika Diketahui Massa Zat
 Hitunglah banyaknya mol dari:
 a. 2,3 gram natrium (A_r Na = 23)
 b. 45 gram $C_6H_{12}O_6$ (A_r C = 12, H = 1, dan O = 16)
 c. 35,1 gram NaCl (A_r Na = 23 dan Cl = 35,5)
 d. 196,5 gram seng (A_r Zn = 65,5)

 Jawab:

 a. mol Na = $\dfrac{\text{massa}}{A_r \text{ Na}} = \dfrac{2{,}3 \text{ gram}}{23 \text{ gram/mol}} = 0{,}1$ mol
 b. mol $C_6H_{12}O_6$ = $\dfrac{\text{massa}}{M_r \ C_6H_{12}O_6} = \dfrac{45 \text{ gram}}{180 \text{ gram/mol}} = 0{,}25$ mol
 c. mol NaCl = $\dfrac{\text{massa}}{M_r \text{ Na Cl}} = \dfrac{35{,}1 \text{ gram}}{58{,}5 \text{ gram/mol}} = 0{,}6$ mol
 d. mol Zn = $\dfrac{\text{massa}}{A_r \text{ Zn}} = \dfrac{196{,}5 \text{ gram}}{65{,}5 \text{ gram/mol}} = 3$ mol

Latihan 3.14

1. Hitunglah massa dari:
 a. 0,5 mol barium (A_r Ba = 137)
 b. 5 mol belerang (A_r S = 32)
 c. 2,5 mol K_2SO_4 (A_r K = 19, S = 32, dan O = 16)
 d. 0,3 mol CO_2 (A_r C = 12 dan O = 16)
 e. 10 mol $K_2Cr_2O_7$ (A_r K = 39, Cr = 52, dan O = 16)
2. Hitunglah banyaknya mol dari:
 a. 8 gram H_2 (A_r H = 1)
 b. 800 gram $CaCO_3$ (A_r Ca = 40, C = 12, dan O = 16)
 c. 232 gram $Mg(OH)_2$ (A_r Mg = 24, O = 16, dan H = 1)
 d. 158 gram $KMnO_4$ (A_r K = 39, Mn = 55, dan O = 16)
 e. 478 gram $CHCl_3$ (A_r C = 12, H = 1, dan Cl = 35,5)
3. Tentukan A_r perak jika 5 mol perak massanya 540 gram!
4. Tentukan A_r emas jika 2 mol emas mempunyai massa 394 gram!

C. Volume Molar Gas

Hipotesis Avogadro menyebutkan bahwa pada suhu dan tekanan yang sama, semua gas dengan volume yang sama akan mengandung jumlah partikel yang sama pula. Oleh karena 1 mol setiap gas mempunyai jumlah molekul yang sama, maka pada suhu dan tekanan yang sama pula, 1 mol setiap gas mempunyai volume yang sama. Volume per mol gas disebut *volume molar* dan dilambangkan V_m.

$$V = n \times V_m$$

dengan: V = volume gas (liter)
n = jumlah mol (mol)
V_m = volume molar (liter/mol)

(Martin S. Silberberg, 2000)

Volume molar gas bergantung pada suhu dan tekanan. Beberapa keadaan suhu dan tekanan yang biasa dijadikan acuan penentuan volume gas sebagai berikut.

1. Keadaan Standar

Kondisi dengan suhu 0 °C dan tekanan 1 atm disebut *keadaan standar* dan dinyatakan dengan STP *(Standard Temperature and Pressure)*.

$$PV = nRT$$

dengan: P = tekanan (atm)
V = volume gas (liter)
n = jumlah mol (mol)
R = tetapan gas = 0,082 L atm/mol K
T = 0 °C = 273 K

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{1 \text{ mol} \times 0{,}082 \text{ L atm/mol K} \times 273 \text{ K}}{1 \text{ atm}}$$

$$= 22{,}4 \text{ liter}$$

Jadi, pada keadaan standar (STP), volume molar (volume 1 mol gas) adalah 22,4 liter/mol.

2 Keadaan Kamar

Kondisi pengukuran gas pada suhu 25 °C dan tekanan 1 atm disebut *keadaan kamar* dan dinyatakan dengan RTP *(Room Temperature and Pressure)*.

$$PV = nRT$$

dengan: P = tekanan (atm)
V = volume gas (liter)
n = jumlah mol (mol)
R = tetapan gas = 0,082 L atm/mol K
T = 0 °C = 298 K

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{1 \text{ mol} \times 0{,}082 \text{ L atm/mol K} \times 298 \text{ K}}{1 \text{ atm}}$$

$$= 24{,}4 \text{ liter}$$

Jadi, pada keadaan kamar (RTP), volume molar (volume 1 mol gas) adalah 24,4 liter/mol.

3. Keadaan Tertentu dengan Suhu dan Tekanan yang Diketahui

Volume gas pada suhu dan tekanan yang diketahui dapat dihitung dengan menggunakan persamaan gas yang disebut *persamaan gas ideal*. Persamaan gas ideal, yaitu $PV = nRT$, untuk menentukan volume gas menjadi:

$$V = \frac{nRT}{P}$$

dengan: P = tekanan gas (atm)
V = volume gas (liter)
n = jumlah mol gas (mol)
R = tetapan gas = 0,082 L atm/mol K
T = suhu mutlak gas (K = 273 + suhu celcius)

4. Keadaan yang Mengacu pada Keadaan Gas Lain

Pada suhu dan tekanan yang sama, volume gas hanya bergantung pada jumlah molnya. Misalkan gas pertama dengan jumlah mol n_1 dan volume V_1 dan gas kedua dengan jumlah mol n_2 dan volume V_2, maka pada suhu dan tekanan yang sama berlaku:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad \text{atau} \quad \frac{n_1}{V_1} = \frac{n_2}{V_2}$$

Contoh 3.13

Tentukan volume dari 2 mol gas nitrogen jika diukur pada:
a. keadaan standar (STP)
b. keadaan kamar (RTP)
c. suhu 30 °C dan tekanan 1 atm
d. suhu dan tekanan yang sama di mana 0,5 mol gas oksigen mempunyai volume 15 liter

Jawab:

a. Pada keadaan standar (STP), V_m = 22,4 liter/mol
$V = n \times V_m$
= 2 mol × 22,4 liter/mol
= 44,8 liter

b. Pada keadaan kamar (RTP), V_m = 24,4 liter/mol
$V = n \times V_m$
= 2 mol × 24,4 liter/mol
= 48,8 liter

c. Pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm, dihitung dengan $PV = nRT$

$T = 273 + 30 = 303$ K

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{2 \text{ mol} \times 0{,}082 \text{ L atm/mol K} \times 303 \text{ K}}{1 \text{ atm}}$$

$= 49{,}692$ liter

d. Pada suhu dan tekanan yang sama pada saat 0,5 mol gas oksigen volumenya 15 liter

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{V_{O_2}}{V_{N_2}} = \frac{n_{O_2}}{n_{N_2}}$$

$$V_{N_2} = \frac{\text{mol } N_2}{\text{mol } O_2} \times \text{volume } O_2$$

$$= \frac{2 \text{ mol}}{0{,}5 \text{ mol}} \times 15 \text{ liter}$$

$= 60$ liter

Latihan 3.15

1. Tentukan volume dari 0,25 mol gas oksigen pada suhu 27 °C dan tekanan 1 atm!
2. Tentukan volume dari 5 mol gas karbon dioksida pada keadaan standar (STP)!
3. Berapakah volume dari 0,75 mol gas belerang yang diukur pada suhu dan tekanan yang sama pada saat 3 mol gas nitrogen volumenya 12 liter?
4. Berapakah volume dari 2,5 mol gas nitrogen dioksida pada keadaan kamar (RTP)?
5. Tentukan volume dari 0,6 mol gas hidrogen yang diukur pada:
 a. keadaan standar (STP)
 b. keadaan kamar (RTP)
 c. suhu 28 °C dan tekanan 1 atm
 d. suhu dan tekanan yang sama pada saat 2 mol gas karbon monoksida volumenya 25 liter

D. Molaritas Larutan

Molaritas (*M*) adalah salah satu cara menyatakan konsentrasi atau kepekatan larutan. Molaritas menyatakan jumlah mol zat terlarut dalam tiap liter larutan. Satuan molaritas (*M*) adalah mol/liter atau mmol/mL.

$$M = \frac{n}{V}$$

dengan: M = molaritas (mol/liter atau *M*)
n = jumlah mol zat terlarut (mol)
V = volume larutan (liter)

Ingat: $n = \frac{\text{massa}}{M_r}$

Contoh 3.14

1. Menentukan Molaritas Larutan
 Berapakah molaritas larutan yang dibuat dengan melarutkan 5,85 gram NaCl (A_r Na = 23, Cl = 35,5) dalam 500 mL air?

 Jawab:

 $$n = \frac{\text{massa}}{M_r}$$

 $$n = \frac{5{,}85 \text{ gram}}{58{,}5 \text{ gram/mol}} = 0{,}1 \text{ mol}$$

 $$M = \frac{n}{V} = \frac{0{,}1 \text{ mol}}{0{,}5 \text{ liter}} = 0{,}2 \text{ mol/liter} = 0{,}2\ M$$

2. Menentukan Massa Zat Terlarut dalam Larutan yang Diketahui Molaritasnya
 Hitunglah massa NaOH (A_r Na = 23, O = 16, dan H = 1) yang harus dilarutkan untuk membuat 100 mL larutan NaOH 0,1 *M*!

 Jawab:

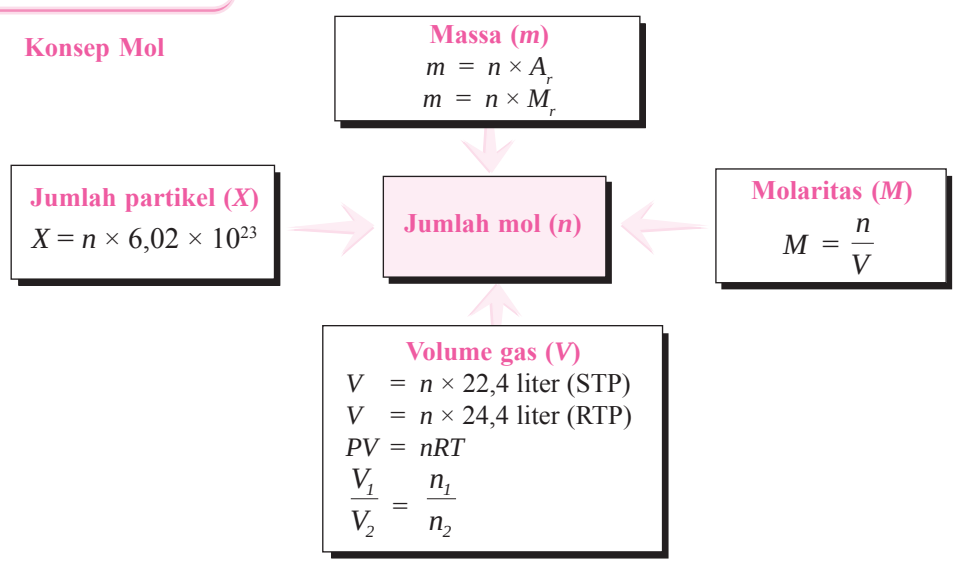
 $$M = \frac{n}{V}$$

 $$M_{NaOH} = \frac{\text{massa}/M_r}{\text{volume}}$$

 Massa NaOH = $M \times$ volume $\times M_r$ NaOH
 = 0,1 mol/liter × 0,1 liter × 40 gram/mol
 = 0,4 gram

Catatan

Konsep Mol



Latihan 3.16

1. Tentukan molaritas larutan yang dibuat dengan melarutkan:
 a. 0,8 mol NaCl dalam 250 mL air
 b. 0,5 mol KOH dalam 1.000 mL air
2. Tentukan molaritas larutan yang dibuat dengan melarutkan:
 a. 50 gram $CaCO_3$ (A_r Ca = 40, C = 12, dan O = 16) dalam 250 mL air
 b. 11,6 gram $Mg(OH)_2$ (A_r Mg = 24, O = 16, dan H = 1) dalam 2 liter air
3. Berapakah volume air yang dibutuhkan untuk melarutkan 2 mol KOH (A_r K = 39, O = 16, dan H = 1) untuk membuat larutan KOH 0,05 *M*?
4. Berapakah massa zat terlarut dalam 500 mL larutan $Ca(OH)_2$ 0,1 *M* (A_r Ca = 40, O = 16, dan H = 1)?

Latihan 3.17

1. Diketahui massa atom relatif (A_r) C = 12, N = 14, O = 16, dan H = 1. Tentukan volume standar (STP) dari:
 a. 4,4 gram gas CO_2
 b. 4 mol O_2
 c. 6,8 gram NH_3
 d. $1{,}806 \times 10^{22}$ molekul hidrogen
2. Diketahui A_r C = 12, N = 14, O = 16, S = 16, H = 1, dan Fe = 56. Tentukan massa dari:
 a. 4,48 liter gas dinitrogen pentaoksida (STP)
 b. 5 mol $CO(NH_2)_2$
 c. 0,6 mol gas SO_2 (RTP)
 d. $6{,}02 \times 10^{21}$ atom besi
3. Tentukan jumlah partikel dari:
 a. 3 mol molekul H_2O
 b. 2 liter gas oksigen pada 27 °C dan tekanan 1 atm
 c. 3,2 gram O_2 (A_r O = 16)
 d. 40 gram $CaCO_3$ (A_r Ca = 40, C = 12, dan O = 16)
 e. 6,72 liter gas NO_2 (STP)
4. Tentukan volume dari 0,5 mol gas CO yang diukur pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm!
5. Berapakah volume dari 12,8 gram gas SO_2 (A_r S = 32, O = 16) yang diukur pada suhu 28 °C dan tekanan 1 atm?
6. Pada suhu dan tekanan tertentu (T, P), 2 mol gas oksigen bervolume 30 liter. Pada suhu dan tekanan yang sama, tentukan volume dari 5 mol gas nitrogen!
7. Pada suhu dan tekanan tertentu (T, P), 4,4 gram CO_2 bervolume 10 liter. Pada suhu dan tekanan yang sama, tentukan volume dari 19,2 gram gas SO_2 (A_r C = 12, O = 16, dan S = 32)!
8. Tentukan massa atom relatif (A_r) dari 3,25 gram logam X yang mempunyai jumlah partikel $3{,}01 \times 10^{22}$ atom X!
9. Berapakah massa $C_6H_{12}O_6$ yang dibutuhkan untuk membuat 2 liter larutan $C_6H_{12}O_6$ 0,05 M (A_r C = 12, H = 1, O = 16)?
10. Tentukan molaritas larutan urea ($CO(NH_2)_2$) (A_r C = 12, O = 16, N = 14, dan H = 1) yang dibuat dengan melarutkan 24 gram dalam 500 mL air!

3.5 Stoikiometri Senyawa

A. Komposisi Zat

Salah satu kegiatan penting dalam ilmu kimia adalah melakukan percobaan untuk mengidentifikasi zat. Ada dua kegiatan dalam identifikasi zat, yakni analisis kualitatif dan analisis kuantitatif. Analisis kualitatif digunakan untuk menentukan jenis komponen penyusun zat. Sedangkan analisis kuantitatif dilakukan untuk menentukan massa dari setiap komponen penyusun zat. Dengan mengetahui jenis dan massa dari setiap komponen penyusun zat, kita dapat mengetahui komposisi zat tersebut.

Komposisi zat dinyatakan dalam persen massa (% massa). Perhitungan persen massa untuk setiap komponen dapat menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Persen massa komponen} = \frac{\text{massa komponen}}{\text{massa zat}} \times 100\%$$

(James E. Brady, 1990)

Contoh 3.15

Seorang ahli kimia melakukan analisis terhadap sejumlah sampel zat. Ia menemukan bahwa sampel seberat 65 gram tersebut mengandung 48 gram karbon, 9 gram hidrogen, dan 8 gram oksigen. Nyatakan komposisi zat tersebut dalam persen massa!

Jawab:

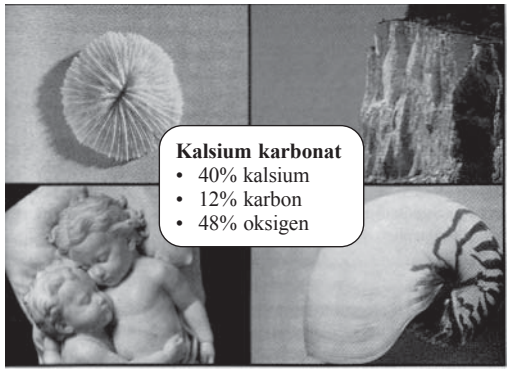
Komponen Penyusun	Massa (gram)	Persen Massa
Karbon (C)	48	Persen massa C $= \frac{\text{massa C}}{\text{massa zat}} \times 100\% = \frac{48 \text{ gram}}{65 \text{ gram}} \times 100\% = 73{,}85\%$
Hidrogen (H)	9	Persen massa H $= \frac{\text{massa H}}{\text{massa zat}} \times 100\% = \frac{9 \text{ gram}}{65 \text{ gram}} \times 100\% = 13{,}85\%$
Oksigen (O)	8	Persen massa O $= \frac{\text{massa O}}{\text{massa zat}} \times 100\% = \frac{8 \text{ gram}}{65 \text{ gram}} \times 100\% = 12{,}30\%$

Contoh 3.16

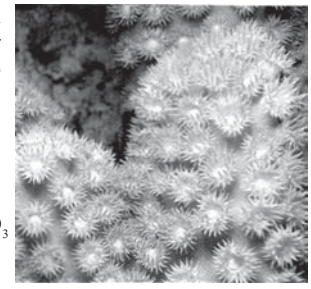
Analisis sampel menunjukkan terdapat 40% kalsium, 12% karbon, dan 48% oksigen. Jika diketahui massa sampel tersebut adalah 25 gram, tentukan massa dari masing-masing unsur dalam sampel!

Jawab:

Komponen Penyusun	Persen Massa (%)	Massa Komponen
Kalsium (Ca)	40	Massa Ca = $\frac{40}{100} \times 25 \text{ gram} = 10 \text{ gram}$
Karbon (C)	12	Massa C = $\frac{12}{100} \times 25 \text{ gram} = 3 \text{ gram}$
Oksigen (O)	48	Massa O = $\frac{48}{100} \times 25 \text{ gram} = 12 \text{ gram}$



Gambar 3.9 Garam kalsium karbonat ($CaCO_3$) dengan kadar masing-masing unsur adalah 40% kalsium (Ca), 12% karbon (C), dan 48% oksigen(O).



Gambar 3.10 Batu koral $CaCO_3$ (kalsium karbonat) di dasar laut.

Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter & Change, Martin S. Silberberg, 2000.

B. Komposisi Zat Secara Teoritis

Komposisi zat secara teoritis merupakan komposisi zat yang ditentukan dari rumus kimianya. Untuk zat berupa senyawa, komposisinya secara teoritis dapat dinyatakan dalam persen massa unsur dalam senyawa.

$$\text{Persen massa unsur dalam senyawa (\%)} = \frac{\text{angka indeks} \times A_r \text{ unsur}}{M_r \text{ senyawa}} \times 100\%$$

dengan: A_r = massa atom relatif (gram/mol)
M_r = massa molekul relatif (gram/mol)

Contoh 3.17

Tentukan persen massa unsur C, H, dan O dalam senyawa glukosa ($C_6H_{12}O_6$) (A_r C = 12, H = 1, dan O = 16)!

Jawab:

Massa molekul relatif $C_6H_{12}O_6 = 180$

Unsur Penyusun $C_6H_{12}O_6$	Persen Massa Unsur dalam $C_6H_{12}O_6$
Karbon (C)	Persen massa unsur C $= \frac{6 \times A_r\ C}{M_r\ C_6H_{12}O_6} \times 100\% = \frac{6 \times 12}{180} \times 100\% = 40\%$
Hidrogen (H)	Persen massa unsur H $= \frac{12 \times A_r\ H}{M_r\ C_6H_{12}O_6} \times 100\% = \frac{12 \times 1}{180} \times 100\% = 6{,}7\%$
Oksigen (O)	Persen massa unsur O $= \frac{6 \times A_r\ O}{M_r\ C_6H_{12}O_6} \times 100\% = \frac{6 \times 16}{180} \times 100\% = 53{,}3\%$

Latihan 3.18

1. Satu sampel suatu zat mengandung 2,4 gram karbon, 3,2 gram oksigen, 5,6 gram nitrogen, dan 0,8 gram hidrogen. Nyatakan komposisi zat tersebut dalam persen massa!
2. Unsur nitrogen dan oksigen bereaksi, dan dapat membentuk lebih dari satu macam senyawa. Tentukan besarnya persentase unsur nitrogen dan oksigen dalam senyawa NO, NO_2, N_2O, N_2O_3, dan N_2O_5 (A_r N = 14 dan O = 16)!
3. Tentukan kadar C dan N dalam urea $(CO(NH_2)_2)$(A_r C = 12, O = 16, N = 14, dan H = 1)?
4. Berapakah massa oksigen yang diperlukan untuk membuat 500 kg air (A_r H = 1 dan O = 16)?
5. Berapakah massa kalsium yang terdapat dalam 250 kg $CaCO_3$ (A_r Ca = 40, C = 12, dan O = 16)?
6. Berapakah massa natrium klorida (NaCl) yang mengandung 196,58 gram natrium (A_r Na = 23 dan Cl = 35,5)?
7. Berapakah massa asam fosfat (H_3PO_4) yang dibuat dari 6,2 gram fosfat (A_r H = 1, P = 31, dan O = 16)?
8. Suatu asam amino dengan massa molekul relatif (M_r) 68.000 mengandung 0,33% besi (A_r Fe = 56). Hitunglah jumlah atom besi dalam setiap molekul hemoglobin tersebut!
9. Suatu asam amino dengan massa molekul relatif (M_r) 146 mengandung 19,2% nitrogen. (A_r N = 14). Berapa jumlah atom nitrogen dalam molekul asam itu?

C. Menentukan Rumus Kimia Zat

Rumus kimia zat dapat dibedakan menjadi rumus empiris dan rumus molekul. Rumus empiris dapat ditentukan dengan menghitung mol komponen penyusun zat dengan menggunakan massa molar. Sedangkan rumus molekul dapat ditentukan jika rumus empiris dan massa molekul relatif (M_r) zat diketahui.

1. Menentukan Rumus Empiris Zat

Dalam menentukan rumus empiris, perbandingan mol unsur-unsur dalam zat haruslah merupakan perbandingan paling sederhana.

Contoh 3.18

Sejumlah sampel zat mengandung 11,2 gram Fe dan 4,8 gram O (A_r Fe = 56 dan O = 16). Tentukan rumus empiris senyawa tersebut!

Jawab:

Untuk menentukan rumus empiris zat, kita menghitung perbandingan mol Fe dan O sebagai berikut.

Komponen Penyusun Zat	Massa (gram)	Mol Komponen
Fe	11,2 gram	Mol Fe = $\frac{\text{massa Fe}}{A_r \text{ Fe}} = \frac{11{,}2 \text{ gram}}{56 \text{ gram/mol}} = 0{,}2$ mol
O	4,8 gram	Mol O = $\frac{\text{massa O}}{A_r \text{ O}} = \frac{4{,}8 \text{ gram}}{16 \text{ gram/mol}} = 0{,}3$ mol

Diperoleh perbandingan Fe : O = 0,2 : 0,3 = 2 : 3.
Jadi, rumus empiris senyawa adalah Fe_2O_3.

Contoh 3.19

Menentukan Rumus Empiris Berdasarkan Persen Massa Unsur-unsur Penyusun Zat Vanila yang digunakan untuk memberi cita rasa makanan mempunyai komposisi: 63,2% C, 5,2% H, dan 31,6% O (A_r C = 12, H = 1, dan O = 16).
Tentukan rumus empirisnya!

Jawab:

Untuk menentukan rumus empiris vanila, kita menghitung perbandingan mol C, H, dan O. Misalkan dalam 100 gram sampel vanila.

Komponen Penyusun Zat	Persen Massa	Massa per 100 gram Sampel	Mol Komponen
C	63,2	63,2 gram	Mol C = $\frac{63{,}2 \text{ gram}}{12 \text{ gram/mol}}$ = 5,27 mol
H	5,2	5,2 gram	Mol H = $\frac{5{,}2 \text{ gram}}{1 \text{ gram/mol}}$ = 5,2 mol
O	31,6	31,6 gram	Mol O = $\frac{31{,}6 \text{ gram}}{16 \text{ gram/mol}}$ = 1,98 mol

Diperoleh perbandingan mol C : H : O = 5,27 : 5,2 : 1,98
= 2,66 : 2,66 : 1
= 8 : 8 : 3

Jadi, rumus empiris vanila adalah $C_8H_8O_3$.

(James E. Brady, 1990)

Latihan 3.19

1. Suatu senyawa mempunyai komposisi 22,9% Na, 21,5% B, dan 55,7% O (A_r Na = 23, B = 10, O = 16). Tentukan rumus empirisnya!
2. Suatu senyawa nitrogen oksida terdiri dari 7 gram nitrogen dan 12 gram oksigen (A_r N = 14 dan O = 16).
 Tentukan rumus empiris nitrogen oksida tersebut!
3. Bahan penyedap makanan monosodium glutamat (MSG) mempunyai susunan 13,6% Na, 35,5% C, 4,8% H, 8,3% N, dan 37,8% O (A_r Na = 23, C = 12, H = 1, N = 14, O = 16).
 Tentukan rumus empiris MSG tersebut!

2. Menentukan Rumus Molekul Zat

Pada dasarnya rumus molekul merupakan kelipatan-kelipatan dari rumus empirisnya. Sebagai contoh:

Rumus Molekul	Rumus Empiris	*n*	Nama Zat
C_2H_2	CH	2	Etuna/gas asetilena
C_2H_4	CH_2	2	Etena
C_6H_{14}	C_3H_7	2	Heksana
CH_3COOH	CH_2O	2	Asam asetat/asam cuka
$C_6H_{12}O_6$	CH_2O	6	Glukosa
NaCl	NaCl	1	Natrium klorida
$CO(NH_2)_2$	$CO(NH_2)_2$	1	Urea
H_2O	H_2O	1	Air
CO_2	CO_2	1	Karbon dioksida

Untuk menentukan rumus molekul maka:

(rumus empiris)$_n$ = rumus molekul

dengan n = bilangan bulat

Nilai n dapat ditentukan jika rumus empiris dan massa molekul relatif (M_r) zat diketahui.

M_r rumus molekul = n × (M_r rumus empiris)

Contoh 3.20

Suatu senyawa dengan rumus empiris CH (A_r C = 12 dan H = 1) mempunyai M_r = 26. Tentukan rumus molekul senyawa tersebut!

Jawab:

$M_r = n \times (A_r\,C + A_r\,H)$
$26 = n \times (12 + 1)$
$26 = n \times 13$
$n = 2$

Jadi, rumus molekul senyawa tersebut adalah $(CH)_2 = C_2H_2$.

Latihan 3.20

1. Suatu zat memiliki M_r sebesar 181,5. Jika rumus empirisnya adalah C_2HCl (A_r C = 12, H = 1, Cl = 35,5), tentukan rumus molekulnya!
2. Tentukan rumus empiris senyawa yang mengandung:
 a. 26,53% K, 35,37% Cr, dan sisanya oksigen
 b. 29,11% Na, 40,51% S, dan sisanya oksigen (A_r K = 39, Cr = 52, O = 16, Na = 23, dan S = 32)
3. Pada pembakaran sempurna 2,3 gram suatu senyawa yang mengandung C, H, dan O dihasilkan 4,4 gram CO_2 dan 2,7 gram H_2O. Persamaan reaksinya:
 $C_xH_yO_z + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$
 Tentukan rumus empiris senyawa tersebut! (A_r C = 12, H = 1, dan O = 16)
4. Pada pembakaran sempurna 13 gram suatu hidrokarbon C_xH_y dihasilkan 4,4 gram CO_2. Massa 5 liter senyawa (T, P) adalah 6,5 gram. Pada (T, P) yang sama, massa dari 1 liter oksigen adalah 1,6 gram. Tentukan rumus molekul hidrokarbon tersebut! (A_r C = 12, H = 1, dan O = 16)
5. Suatu hidrokarbon C_xH_y yang berbentuk gas terdiri dari 80% karbon dan sisanya hidrogen. Tentukan rumus empiris senyawa tersebut. Jika diketahui massa dari 1 liter senyawa itu (STP) adalah 1,34 gram, tentukan rumus molekul senyawa hidrokarbon tersebut!
6. Senyawa $C_xH_yO_z$ tersusun dari 40% karbon, 6,67% hidrogen, dan sisanya oksigen. Jika M_r senyawa tersebut adalah 90, tentukan rumus molekul senyawa tersebut!

3.6 Stoikiometri Reaksi

A. Arti Koefisien Reaksi

Koefisien reaksi merupakan perbandingan jumlah partikel dari zat yang terlibat dalam reaksi. Oleh karena 1 mol setiap zat mengandung jumlah partikel yang sama, maka perbandingan jumlah partikel sama dengan perbandingan jumlah mol. Jadi, koefisien reaksi merupakan perbandingan jumlah mol zat yang terlibat dalam reaksi.

Untuk reaksi:

$$N_2(g) + \mathbf{3}\ H_2(g) \longrightarrow \mathbf{2}\ NH_3(g)$$

koefisien reaksinya menyatakan bahwa 1 molekul N_2 bereaksi dengan 3 molekul H_2 membentuk 2 molekul NH_3 atau 1 mol N_2 bereaksi dengan 3 mol H_2 menghasilkan 2 mol NH_3 (koefisien 1 tidak pernah ditulis)

Dengan pengertian tersebut, maka banyaknya zat yang diperlukan atau dihasilkan dalam reaksi kimia dapat dihitung dengan menggunakan persamaan reaksi setara. Apabila jumlah mol salah satu zat yang bereaksi diketahui, maka jumlah mol zat yang lain dalam reaksi itu dapat ditentukan dengan menggunakan perbandingan koefisien reaksinya.

Contoh 3.21

1. Aluminium larut dalam larutan asam sulfat menghasilkan larutan aluminium sulfat dan gas hidrogen. Persamaan reaksinya:

 $2\ Al(s) + 3\ H_2SO_4(aq) \longrightarrow Al_2(SO_4)_3(aq) + 3\ H_2(g)$

 Berapa mol gas hidrogen dan mol larutan aluminium sulfat yang dihasilkan jika digunakan 0,5 mol aluminium?

 Jawab:

 Dari persamaan reaksi:

 $2\ Al(s) + 3\ H_2SO_4(aq) \longrightarrow Al_2(SO_4)_3(aq) + 3\ H_2(g)$

 0,5 mol ? ?

 diketahui perbandingan koefisien Al : H_2SO_4 : $Al_2(SO_4)_3$: H_2 adalah 2 : 3 : 1 : 3

 $$\text{Jumlah mol gas hidrogen} = \frac{\text{koefisien } H_2}{\text{koefisien Al}} \times \text{mol Al}$$

 $$= \frac{3}{2} \times 0{,}5 \text{ mol} = 0{,}75 \text{ mol}$$

 $$\text{Jumlah mol larutan aluminium sulfat} = \frac{\text{koefisien } Al_2(SO_4)_3}{\text{koefisien Al}} \times \text{mol Al}$$

 $$= \frac{1}{2} \times 0{,}5 \text{ mol} = 0{,}25 \text{ mol}$$

 Jadi,

 $2\ Al(s) + 3\ H_2SO_4(aq) \longrightarrow Al_2(SO_4)_3(aq) + 3\ H_2(g)$

 0,5 mol 0,25 mol 0,75 mol

2. 5,6 gram besi (A_r Fe = 56) dilarutkan dalam larutan asam klorida sesuai reaksi:

 $2\ Fe(s) + 6\ HCl(aq) \longrightarrow 2\ FeCl_3(aq) + 3\ H_2(g)$

 Tentukan volume H_2 yang dihasilkan pada keadaan standar (STP)!

 Jawab:

 $$\text{Mol Fe} = \frac{\text{massa Fe}}{A_r \text{ Fe}} = \frac{5{,}6 \text{ gram}}{56 \text{ gram/mol}} = 0{,}1 \text{ mol}$$

 Perbandingan koefisien Fe : H_2 = 2 : 3

 $$\text{Mol } H_2 = \frac{\text{koefisien } H_2}{\text{koefisien Fe}} \times \text{mol Fe}$$

 $$= \frac{3}{2} \times 0{,}1 \text{ mol} = 0{,}15 \text{ mol}$$

 Volume H_2 pada keadaan standar (STP) adalah:

 $V = n \times V_m$

 $V = 0{,}15 \text{ mol} \times 22{,}4 \text{ liter/mol} = 3{,}36 \text{ liter}$

3. Sebanyak 32 gram kalsium karbida (CaC_2) dilarutkan dalam air menghasilkan gas asetilena (C_2H_2) menurut reaksi:

$$CaC_2(s) + 2\ H_2O(l) \longrightarrow Ca(OH)_2(s) + C_2H_2(g)$$

Tentukan:
a. mol CaC_2
b. massa $Ca(OH)_2$ yang dihasilkan
c. volume gas asetilena yang dihasilkan pada keadaan standar (A_r Ca = 40, C = 12, O = 16, dan H = 1)

Jawab:

a. Mol $CaC_2 = \dfrac{\text{massa } CaC_2}{M_r\ CaC_2} = \dfrac{32\ \text{gram}}{64\ \text{gram/mol}} = 0{,}5$ mol

b. Perbandingan koefisien $CaC_2 : Ca(OH)_2 : C_2H_2 = 1 : 1 : 1$

$$\text{Mol } Ca(OH)_2 = \frac{\text{koefisien } Ca(OH)_2}{\text{koefisien } CaC_2} \times \text{mol } CaC_2$$

$$= \frac{1}{1} \times 0{,}5 \text{ mol} = 0{,}5 \text{ mol}$$

$$\text{Massa } Ca(OH)_2 = n \times M_r\ Ca(OH)_2$$

$$= 0{,}5 \text{ mol} \times 74 \text{ gram/mol} = 37 \text{ gram}$$

c. $$\text{Mol } C_2H_2 = \frac{\text{koefisien } C_2H_2}{\text{koefisien } CaC_2} \times \text{mol } CaC_2$$

$$= \frac{1}{1} \times 0{,}5 \text{ mol} = 0{,}5 \text{ mol}$$

Volume C_2H_2 pada keadaan standar $= n \times 22{,}4$ liter/mol
$= 0{,}5$ mol $\times 22{,}4$ liter/mol $= 11{,}2$ liter

(James E. Brady, 1990)

Latihan 3.21

1. Semen merupakan campuran kalsium oksida, aluminium, dan silikon. Kalsium oksida sendiri dihasilkan dari pemanasan kalsium karbonat dengan persamaan reaksi setara:

$$CaCO_3(s) \longrightarrow CaO(s) + CO_2(g)$$

Bila dipanaskan 1 kg kalsium karbonat ($CaCO_3$) (A_r Ca = 40, C = 12, O = 16), tentukan:
a. mol dan massa kalsium oksida (CaO) yang dihasilkan
b. volume gas CO_2 yang dihasilkan pada keadaan standar (STP)

2. 26,1 gram MnO_2 direaksikan sesuai persamaan reaksi:

$$MnO_2(s) + 2\ NaCl(s) + 2\ H_2SO_4(aq) \longrightarrow MnSO_4(aq) + 2\ H_2O(l) + Cl_2(g) + Na_2SO_4(aq)$$

Tentukan:
a. mol MnO_2 (A_r Mn = 55 dan O = 16)
b. massa NaCl yang dibutuhkan (A_r Na = 23 dan Cl = 35,5)
c. volume gas klorin (Cl_2) yang dihasilkan pada keadaan standar (STP)

3. Pada pemanasan 24,5 gram $KClO_3$ (A_r K = 39, Cl = 35,5, dan O = 15) menurut reaksi:

 $KClO_3(s) \longrightarrow KCl(s) + O_2(g)$

 tentukan volume gas oksigen yang dihasilkan jika pada suhu dan tekanan yang sama, 0,3 mol gas nitrogen mempunyai volume 12 liter!
4. Diketahui reaksi:

 $CaCO_3(s) + 2\ HCl(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

 Jika 10 gram batu kapur ($CaCO_3$) (A_r Ca = 40, C = 12, O = 16) direaksikan dengan larutan asam klorida, tentukan volume gas karbon dioksida yang dihasilkan pada keadaan standar (STP)!
5. Pada pembakaran sempurna 11 gram propana (C_3H_8) sesuai reaksi:

 $C_3H_8(g) + 5\ O_2(g) \longrightarrow 3\ CO_2(g) + 4\ H_2O(g)$

 berapa gram oksigen yang dibutuhkan? (A_r C = 12, O = 16, dan H = 1)
6. Logam magnesium bereaksi dengan larutan asam klorida sesuai reaksi berikut.

 $Mg(s) + 2\ HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(aq) + 2\ H_2(g)$

 Berapa gram magnesium (A_r Mg = 24) yang harus dilarutkan dalam larutan asam klorida untuk menghasilkan 2,24 liter gas hidrogen pada keadaan standar (STP)?
7. 4,6 gram logam natrium direaksikan dengan larutan tembaga(II) sulfat ($CuSO_4$) sesuai reaksi:

 $2\ Na(s) + CuSO_4(aq) \longrightarrow Na_2SO_4(aq) + Cu(s)$

 Berapa gram massa Cu yang dihasilkan?
 (A_r Na = 23 dan Cu = 63,5)
8. Pada pembakaran 8 gram belerang (A_r S = 32) sesuai reaksi:

 $S(s) + O_2(g) \longrightarrow SO_2(g)$

 berapakah volume gas belerang dioksida yang dihasilkan jika pada suhu dan tekanan yang sama, satu mol gas karbon dioksida mempunyai volume 5 liter?

B. Pereaksi Pembatas

Di dalam suatu reaksi kimia, perbandingan mol zat-zat pereaksi yang ditambahkan tidak selalu sama dengan perbandingan koefisien reaksinya. Hal ini menyebabkan ada zat pereaksi yang akan habis bereaksi lebih dahulu. Pereaksi demikian disebut *pereaksi pembatas*.

Contoh 3.22

1. Satu mol larutan natrium hidroksida (NaOH) direaksikan dengan 1 mol larutan asam sulfat (H_2SO_4) sesuai reaksi:

 $2\ NaOH(aq) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow Na_2SO_4(aq) + 2\ H_2O(l)$

 Tentukan:
 a. pereaksi pembatas
 b. pereaksi yang sisa
 c. mol Na_2SO_4 dan mol H_2O yang dihasilkan

Jawab:

a. Mol masing-masing zat dibagi koefisien, kemudian pilih hasil bagi yang kecil sebagai pereaksi pembatas

- $\frac{\text{mol NaOH}}{\text{koefisien NaOH}} = \frac{1 \text{ mol}}{2} = 0{,}5 \text{ mol}$
- $\frac{\text{mol } H_2SO_4}{\text{koefisien } H_2SO_4} = \frac{1 \text{ mol}}{1} = 1 \text{ mol}$
- Karena hasil bagi NaOH < H_2SO_4, maka NaOH adalah pereaksi pembatas, sehingga NaOH akan habis bereaksi lebih dahulu.
-

	2 NaOH*(aq)* +	H_2SO_4*(aq)* ⟶	Na_2SO_4*(aq)* +	**2** H_2O*(l)*
Mula-mula:	1 mol	1 mol	0	0
Bereaksi :	(**2** × 0,5) = 1 mol	(**1** × 0,5) = 0,5 mol		
Sisa :	1–1 = 0	1–0,5 = 0,5 mol	0,5 mol	1 mol

b. pereaksi yang sisa adalah H_2SO_4

c. mol Na_2SO_4 yang dihasilkan = 0,5 mol

mol H_2SO_4 yang dihasilkan = 1 mol

2. 100 mL larutan $Ca(OH)_2$ 0,1 *M* direaksikan dengan 100 mL larutan HCl 0,1 *M* sesuai reaksi:

$Ca(OH)_2(aq) + 2\ HCl(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq) + 2\ H_2O(l)$

Tentukan pereaksi pembatas!

Jawab:

- mol $Ca(OH)_2$ = M × V = 0,1 mol/liter × 0,1 liter = 0,01 mol
- $\frac{\text{mol Ca(OH)}_2}{\text{koefisien Ca(OH)}_2} = \frac{0{,}01 \text{ mol}}{1} = 0{,}01 \text{ mol}$
- mol HCl = M × V = 0,1 mol/liter × 0,1 liter = 0,01 mol
- $\frac{\text{mol HCl}}{\text{koefisien HCl}} = \frac{0{,}01 \text{ mol}}{2} = 0{,}005 \text{ mol}$
- Karena hasil bagi mol mula-mula dengan koefisien pada HCl lebih kecil daripada $Ca(OH)_2$, maka HCl merupakan pereaksi pembatas (habis bereaksi lebih dahulu).

	$Ca(OH)_2(aq)$ +	2 HCl*(aq)* ⟶	$CaCl_2(aq)$ +	2 $H_2O(l)$
Mula-mula:	0,01 mol	0,01 mol	0	0
Bereaksi :	(1×0,005)=0,005 mol	(2×0,005)=0,01 mol		
Sisa :	0,005 mol	0	0,005 mol	0,01 mol

Jadi, pereaksi pembatas adalah larutan HCl.

(James E. Brady, 1990)

Latihan 3.22

1. 0,5 mol $Mg(OH)_2$ bereaksi dengan 0,5 mol HCl sesuai persamaan reaksi:
 $Mg(OH)_2(aq) + 2\ HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(aq) + 2\ H_2O(l)$
 Tentukan:
 a. pereaksi pembatas
 b. pereaksi yang sisa
 c. mol $MgCl_2$ dan mol H_2O
2. 100 mL larutan NaOH 0,2 *M* bereaksi dengan 100 mL larutan HCl 0,1 *M* sesuai persamaan reaksi:
 $NaOH(aq) + HCl(aq) \longrightarrow NaCl(aq) + HCl(aq)$
 Tentukan:
 a. pereaksi pembatas
 b. pereaksi sisa
 c. mol NaCl
3. 5,4 gram logam aluminium (A_r Al = 27) direaksikan dengan 24,5 gram H_2SO_4 (A_r H = 1, S = 32, dan O = 16). Persamaan reaksinya:
 $2\ Al(s) + 3\ H_2SO_4(aq) \longrightarrow Al_2(SO_4)_3(aq) + 3\ H_2(g)$
 Tentukan:
 a. pereaksi pembatas
 b. mol pereaksi yang sisa
 c. volume gas H_2 pada keadaan standar (STP)
4. 3,2 gram metana (CH_4) dibakar dengan 16 gram oksigen. Persamaan reaksinya:
 $CH_4(g) + 2\ O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2\ H_2O(l)$
 Tentukan:
 a. pereaksi pembatas
 b. massa gas CO_2 yang terbentuk (A_r C = 12, O = 16, dan H = 1)
5. 100 mL larutan KOH 0,1 *M* direaksikan dengan 100 mL larutan HCl 0,2 *M*. Persamaan reaksinya:
 $KOH(aq) + HCl(aq) \longrightarrow KCl(aq) + H_2O(l)$
 Berapakah massa KCl yang terbentuk? (A_r K = 39 dan Cl = 35,5).
6. Larutan timbal(II) nitrat direaksikan dengan larutan KI sesuai reaksi:
 $Pb(NO_3)_2(aq) + 2\ KI(aq) \longrightarrow PbI_2(s) + 2\ KNO_3(aq)$
 Tentukan massa PbI_2 (A_r Pb = 207 dan I = 127) yang terbentuk, jika direaksikan:
 a. 50 mL larutan $Pb(NO_3)_2$ 0,1 *M* dan 50 mL larutan KI 0,1 *M*
 b. 50 mL larutan $Pb(NO_3)_2$ 0,1 *M* dan 100 mL larutan KI 0,1 *M*
 c. 50 mL larutan $Pb(NO_3)_2$ 0,2 *M* dan 400 mL larutan KI 0,1 *M*
7. 100 mL larutan KCl 0,2 *M* direaksikan dengan 200 mL larutan $AgNO_3$ 0,05 *M*. Persamaan reaksinya:
 $KCl(aq) + AgNO_3(aq) \longrightarrow AgCl(s) + KNO_3(aq)$
 Berapakah massa AgCl yang dihasilkan (A_r Ag = 108, Cl = 35,5)?

8. Sebanyak 20 gram $CaCO_3$ dilarutkan dalam 1 liter larutan asam klorida 0,2 *M* menurut persamaan reaksi:

 $CaCO_3(s) + 2\ HCl(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$

 a. Tentukan massa $CaCl_2$ yang terbentuk (A_r Ca = 40, Cl = 35,5, C = 12, dan O = 16)!
 b. Berapa liter volume gas karbon dioksida yang dihasilkan bila diukur pada suhu dan tekanan yang sama pada saat 2 liter gas NO (A_r N = 14 dan O = 16) massanya 1,2 gram?

9. Karbon dibakar menurut persamaan reaksi:

 $2\ C(s) + O_2(g) \longrightarrow 2\ CO(g)$

 Berapa gram CO yang dapat dihasilkan apabila 6 gram karbon dibakar dengan 32 gram oksigen? (A_r C = 12 dan O = 16)

10. Sebanyak 8,1 gram logam aluminium direaksikan dengan 38 gram Cr_2O_3 (A_r Al = 27, Cr = 52, dan O = 16) sesuai persamaan reaksi:

 $2\ Al(s) + Cr_2O_3(aq) \longrightarrow Al_2O_3(aq) + 2\ Cr(s)$

 Berapa gram logam kromium yang dihasilkan?

11. Larutan $AgNO_3$ bereaksi dengan larutan $MgCl_2$ membentuk endapan AgCl menurut persamaan reaksi:

 $2\ AgNO_3(aq) + MgCl_2(aq) \longrightarrow Mg(NO_3)_2(aq) + 2\ AgCl(s)$

 Hitunglah massa endapan yang terbentuk, jika direaksikan:
 a. 100 mL larutan $AgNO_3$ 0,2 *M* dengan 100 mL larutan $MgCl_2$ 0,2 *M*
 b. 200 mL larutan $AgNO_3$ 0,2 *M* dengan 100 mL larutan $MgCl_2$ 0,2 *M*
 c. 200 mL larutan $AgNO_3$ 0,2 *M* dengan 100 mL larutan $MgCl_2$ 0,1 *M*

12. Pupuk superfosfat ($Ca(H_2PO_4)_2$) dibuat dengan mereaksikan kalsium fosfat dengan larutan asam sulfat. Persamaan reaksinya:

 $Ca_3(PO_4)_2 + 2\ H_2SO_4 \longrightarrow Ca(H_2PO_4)_2(s) + 2\ CaSO_4(aq)$

 Tentukan massa pupuk superfosfat ($Ca(H_2PO_4)_2$) yang terbentuk jika direaksikan 1.860 gram $Ca_3(PO_4)_2$ dengan 10 liter H_2SO_4 1 *M*? (A_r Ca = 40, H = 1, P = 31, dan O = 32)

C. Menentukan Rumus Kimia Hidrat

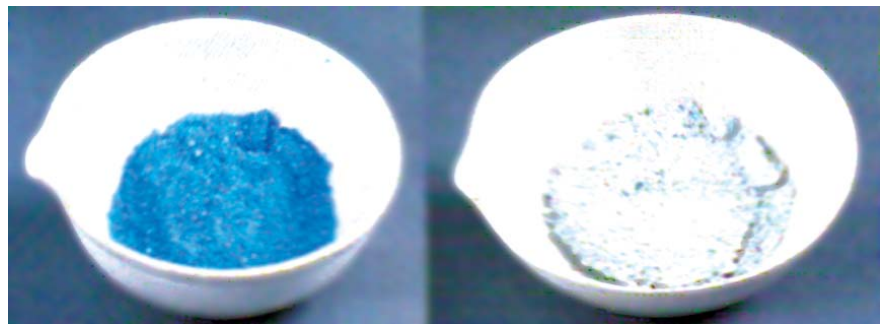
Hidrat adalah zat padat yang mengikat beberapa molekul air sebagai bagian dari struktur kristalnya.

Contoh:

1.	Terusi ($CuSO_4.5\ H_2O$)	:	tembaga(II) sulfat pentahidrat
2.	Gipsum ($CaSO_4.2\ H_2O$)	:	kalsium sulfat dihidrat
3.	Garam inggris ($MgSO_4.7\ H_2O$)	:	magnesium sulfat heptahidrat
4.	Soda hablur ($Na_2CO_3.10\ H_2O$)	:	natrium karbonat dekahidrat

Jika suatu senyawa hidrat dipanaskan, maka ada sebagian atau seluruh air kristalnya dapat dilepas (menguap). Jika suatu hidrat dilarutkan dalam air, maka air kristalnya akan lepas.

Contoh: $CuSO_4.5\ H_2O(s) \longrightarrow CuSO_4(aq) + 5\ H_2O(l)$



Gambar 3.11 $CuSO_4.5\ H_2O$ (kiri) dan $CuSO_4$ (kanan). Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter & Change, Martin S. Silberberg, 2000.

Jumlah molekul air kristal dari suatu senyawa hidrat dapat ditentukan melalui cara sebagai berikut.

Contoh 3.23

Sebanyak 5 gram hidrat dari tembaga(II) sulfat ($CuSO_4.5\ H_2O$) dipanaskan sampai semua air kristalnya menguap. Jika massa padatan tembaga(II) sulfat yang terbentuk adalah 3,2 gram, tentukan rumus hidrat tersebut! (A_r Cu = 63,5, S = 32, O = 16, dan H = 1).

Jawab:

Massa H_2O = 5 gram – 3,2 gram = 1,8 gram

$$\text{Mol } CuSO_4 = \frac{\text{massa } CuSO_4}{M_r\ CuSO_4} = \frac{3{,}2 \text{ gram}}{159{,}5 \text{ gram/mol}} = 0{,}02 \text{ mol}$$

$$\text{Mol } H_2O = \frac{\text{massa } H_2O}{M_r\ H_2O} = \frac{1{,}8 \text{ gram}}{18 \text{ gram/mol}} = 0{,}1 \text{ mol}$$

Persamaan reaksi pemanasan $CuSO_4.5\ H_2O$:

$$CuSO_4.x\ H_2O(s) \longrightarrow CuSO_4(s) + x\ H_2O(l)$$

0,02 mol 0,1 mol

Perbandingan mol $CuSO_4 : H_2O$
= 0,02 mol : 0,1 mol
= 1 : 5

Karena perbandingan mol = perbandingan koefisien, maka $x = 5$.
Jadi, rumus hidrat tersebut adalah $CuSO_4.5\ H_2O$.

Latihan 3.23

1. Sebanyak 2 gram kalsium klorida ($CaCl_2$) menyerap uap air dari udara dan membentuk hidrat dengan massa 3,94 gram. Tentukan rumus hidrat tersebut! (A_r Ca = 40, Cl = 35,5, H = 1, dan O = 16)
2. Kadar air kristal dalam suatu hidrat dari natrium karbonat (Na_2CO_3) adalah 14,5%. Tentukan rumus hidratnya! (A_r Na = 23, C = 12, O = 16, dan H = 1)
3. Sebanyak 15 gram hidrat dari besi(II) sulfat ($FeSO_4.x\ H_2O$) dipanaskan sampai semua air kristalnya menguap. Jika massa padatan besi(II) sulfat yang terbentuk adalah 8,2 gram, tentukan rumus hidrat tersebut! (A_r Fe = 56, S = 32, O = 16, dan H = 1)
4. Pada kristalisasi 3,19 gram tembaga(II) sulfat ($CuSO_4$) terbentuk 4,99 gram hidrat $CuSO_4.x\ H_2O$. Tentukan rumus hidrat tersebut! (A_r Cu = 63,5, S = 32, O = 16, dan H = 1)
5. Kristal tembaga(II) nitrat mempunyai rumus $Cu(NO_3)_2.x\ H_2O$. Jika kristal tersebut mengandung 36,54% air, tentukan rumus hidrat tersebut! (A_r Cu = 63,5, N = 14, O = 16, dan H = 1)
6. Jika 38 gram $MgSO_4.x\ H_2O$ dipanaskan, akan dihasilkan 20 gram senyawa anhidrat $MgSO_4$. Tentukan rumus hidrat tersebut! (A_r Mg = 24, S = 32, O = 16, dan H = 1)
7. Jika senyawa tembaga(II) sulfat hidrat ($CuSO_4.x\ H_2O$) dipanaskan, maka beratnya berkurang sebanyak 36%. Tentukan rumus hidrat tersebut! (A_r Cu = 64, S = 32, O = 16, dan H = 1)

Rangkuman

1. Rumus kimia memuat informasi tentang jenis unsur dan perbandingan atom-atom unsur penyusun zat. Jenis unsur dinyatakan oleh lambang unsur dan perbandingan atom-atom unsur dinyatakan dengan angka indeks.
2. Rumus kimia dibedakan menjadi rumus empiris dan rumus molekul. Rumus empiris menyatakan perbandingan paling sederhana dari atom-atom unsur penyusun, sedangkan rumus molekul menyatakan jenis dan jumlah atom-atom unsur penyusun senyawa.
3. Tata nama senyawa anorganik dikelompokkan menjadi:
 - Senyawa biner dari logam dan nonlogam
 - Senyawa biner dari nonlogam dan nonlogam
 - Senyawa asam dan basa
4. Pada persamaan reaksi berlaku hukum kekekalan massa, yaitu jumlah atom unsur di sebelah kiri anak panah (reaktan) sama dengan jumlah atom unsur di sebelah kanan (produk).
5. Beberapa hukum dasar yang digunakan dalam stoikiometri adalah:
 - Hukum kekekalan massa (Hukum Lavoisier)
 - Hukum perbandingan tetap (Hukum Proust)
 - Hukum kelipatan perbandingan (Hukum Dalton)
 - Hukum perbandingan volume (Hukum Gay Lussac)
6. Satu mol adalah banyaknya zat yang mengandung sejumlah partikel yang sama dengan jumlah atom yang terdapat pada 12 gram C – 12, di mana jumlah partikel itu sebesar $6{,}02 \times 10^{23}$ dan disebut sebagai tetapan Avogadro yang dilambangkan sebagai L.
7. Massa satu mol zat yang dinyatakan dalam satuan gram disebut sebagai massa molar.
8. Volume satu mol gas dalam keadaan standar disebut sebagai volume molar.
9. Kadar zat dalam campuran menyatakan banyaknya zat tersebut dibandingkan dengan banyaknya campuran.
10. Molaritas larutan menyatakan jumlah mol (n) zat terlarut dalam satu liter larutan (V), dan dirumuskan sebagai $M = \frac{n}{V}$
11. Pengenceran merupakan penambahan pelarut ke dalam larutan, sehingga konsentrasi larutan menjadi lebih kecil, dirumuskan sebagai $V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$
12. Dalam suatu reaksi kimia, pereaksi yang terlebih dulu habis bereaksi disebut sebagai pereaksi pembatas.

Uji Kompetensi

I. Berilah tanda silang (X) huruf A, B, C, D, atau E pada jawaban yang paling benar!

1. Nama senyawa berikut ini sesuai dengan rumus kimianya, ***kecuali*** … .
 A. NO = nitrogen oksida
 B. CO_2 = karbon dioksida
 C. PCl_3 = fosforus triklorida
 D. Cl_2O = diklorida oksida
 E. As_2O_3 = diarsen trioksida
2. Rumus kimia timah(IV) hidroksida adalah … .
 A. SnOH
 B. $Sn(OH)_2$
 C. $Sn_2(OH)$
 D. $Sn_4(OH)_2$
 E. $Sn(OH)_4$
3. Nama senyawa CuS adalah … .
 A. tembaga sulfida
 B. tembaga sulfat
 C. tembaga(I) sulfida
 D. tembaga(II) sulfida
 E. tembaga(I) sulfida
4. Rumus kimia senyawa yang terbentuk dari ion K^+, Fe^{3+}, Cu^{2+}, SO_4^{2-}, dan PO_4^{3-} yang benar adalah … .
 A. $Fe_2(SO_4)_3$ dan $Cu_3(PO_4)_2$
 B. KSO_4 dan $Fe(SO_4)_3$
 C. K_2SO_4 dan $Fe_2(SO_4)_2$
 D. K_2SO_4 dan Fe_3PO_4
 E. $Fe_3(PO_4)_2$ dan $CuSO_4$
5. Soda abu mempunyai rumus kimia K_2CO_3. Senyawa itu mempunyai nama … .
 A. kalium karbonat
 B. dikalium karbonat
 C. kalium bikarbonat
 D. kalsium karbonat
 E. kalium karbon oksida
6. Dibromin pentaoksida mempunyai rumus kimia yang benar adalah … .
 A. BrO_2
 B. Br_2O_3
 C. Br_2O_5
 D. Br_2O_7
 E. Br_3O_5
7. Nama senyawa berikut yang benar adalah … .
 A. K_2O = dikalium oksida
 B. Ag_2O = perak oksida
 C. Hg_2O = merkuri oksida
 D. Fe_2O_3 = besi(II) oksida
 E. $MnSO_3$ = mangan sulfida

8. Rumus kimia kalsium hidroksida adalah … .
 A. KOH
 B. CaOH
 C. $K(OH)_2$
 D. $Ca(OH)_2$
 E. $Ca_3(OH)_2$
9. Rumus molekul dari asam klorida, asam sulfat, dan asam fosfat berturut-turut adalah … .
 A. HClO, H_2S, dan H_3PO_3
 B. HCl, H_2SO_3, dan H_3PO_4
 C. $HClO_3$, H_2SO_4, dan H_2PO_4
 D. HCl, H_2SO_4, dan H_3PO_4
 E. HCl, HNO_3, dan H_2PO_3
10. Rumus kimia urea adalah … .
 A. $CaCO_3$
 B. CH_3COOH
 C. $C_6H_{12}O_6$
 D. HCOH
 E. $CO(NH_2)_2$
11. Di antara persamaan reaksi berikut, yang sudah setara adalah… .
 A. $Cr_2O_3 + 2\ Al \longrightarrow Al_2O_3 + Cr$
 B. $Al + H_2SO_4 \longrightarrow Al_2(SO_4)_3 + H_2$
 C. $C_2H_5OH + O_2 \longrightarrow 2\ CO_2 + 3\ H_2O$
 D. $Mg(OH)_2 + 2\ HCl \longrightarrow MgCl_2 + 2\ H_2O$
 E. $Cu + H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + 3\ H_2O + SO_2$
12. Supaya reaksi $a\ Al_2S_3 + b\ H_2O + c\ O_2 \longrightarrow d\ Al(OH)_3 + e$ S menjadi reaksi setara, maka harga koefisien reaksi *a*, *b*, *c*, *d*, dan *e* berturut-turut adalah … .
 A. 2, 6, 3, 4, dan 6
 B. 1, 3, 2, 2, dan 3
 C. 2, 6, 4, 2, dan 3
 D. 2, 6, 6, 4, dan 6
 E. 4, 6, 3, 4, dan 12
13. Logam aluminium bereaksi dengan larutan asam sulfat membentuk larutan aluminium sulfat dan gas hidrogen. Persamaan reaksi setara di atas adalah … .
 A. $Al_2 + 3\ H_2SO_4 \longrightarrow Al_2SO_4 + 6\ H_2$
 B. $Al + 3\ H_2SO_4 \longrightarrow Al(SO_4)_3 + 3\ H_2$
 C. $2\ Al + 3\ H_2SO_4 \longrightarrow Al_2(SO_4)_3 + 3\ H_2$
 D. $3\ Al + 2\ H_2SO_4 \longrightarrow Al_3(SO_4)_3 + 2\ H_2$
 E. $Al + H_2SO_4 \longrightarrow AlSO_4 + H_2$
14. Diketahui reaksi $NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O$. Yang merupakan pereaksi adalah … .
 a. NaOH dan H_2
 b. HCl dan H_2O
 c. NaOH dan HCl
 d. NaCl dan H_2O
 e. NaOH dan H_2O
15. Dari reaksi $a\ Cu + b\ HNO_3 \longrightarrow c\ Cu(NO_3)_2 + d\ NO + e\ H_2O$, harga koefisien *a*, *b*, *c*, *d*, dan *e* berturut-turut yang benar adalah … .
 A. 3, 8, 3, 3, dan 2
 B. 3, 8, 3, 2, dan 4
 C. 3, 8, 2, 4, dan 4
 D. 3, 4, 3, 2, dan 2
 E. 1, 4, 1, 1, dan 4

16. Logam kalsium bereaksi dengan gas oksigen menghasilkan kalsium oksida padat. Persamaan reaksi yang benar adalah … .
 A. $Ca(s) + O_2(g) \longrightarrow CaO(s)$
 B. $Ca(s) + O_2(g) \longrightarrow CaO_2(s)$
 C. $2\ Ca(s) + O_2(g) \longrightarrow 2\ CaO(s)$
 D. $2\ K(s) + O_2(g) \longrightarrow 2\ K_2O(s)$
 E. $4\ K(s) + O_2(g) \longrightarrow 2\ K_2O(s)$
17. Pada persamaan reaksi $2\ Na(s) + 2\ H_2O(l) \longrightarrow 2\ NaOH(aq) + H_2(g)$, yang disebut reaktan adalah … .
 A. H_2 dan H_2O
 B. NaOH dan H_2
 C. Na dan H_2
 D. Na dan NaOH
 E. Na dan H_2O
18. Persamaan reaksi $a\ Zn + b\ HNO_3 \longrightarrow c\ Zn(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3\ H_2O$ akan setara, bila koefisien *a*, *b*, dan *c* berturut-turut adalah … .
 A. 1, 5, dan 1
 B. 2, 5, dan 2
 C. 4, 10, dan 4
 D. 4, 8, dan 2
 E. 2, 8, dan 2
19. Pada reaksi pembakaran gas propana:
 $p\ C_3H_8 + q\ O_2 \longrightarrow r\ CO_2 + s\ H_2O$
 reaksi akan menjadi setara bila *p*, *q*, *r*, dan *s* berturut-turut adalah … .
 A. 1, 5, 3, dan 4
 B. 2, 3, 6, dan 4
 C. 1, 2, 5, dan 2
 D. 1, 3, 1, dan 3
 E. 2, 5, 2, dan 1
20. Hukum perbandingan tetap dikemukakan oleh … .
 A. Avogadro
 B. Dalton
 C. Lavoisier
 D. Proust
 E. Newton
21. Pernyataan di bawah ini yang dikemukakan oleh Gay Lussac adalah … .
 A. energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan
 B. massa zat sebelum dan sesudah reaksi adalah tetap
 C. perbandingan massa unsur-unsur dalam senyawa selalu tetap
 D. volume gas-gas yang bereaksi dan volume gas-gas hasil reaksi pada *T* dan *P* sama berbanding sebagai bilangan bulat dan sederhana
 E. pada *T* dan *P* sama, semua gas bervolume sama mengandung jumlah molekul yang sama
22. Pada suhu dan tekanan tertentu, *m* molekul H_2S bervolume 0,25 liter. Pada suhu dan tekanan yang sama, volume dari $4m$ molekul NH_3 adalah … .
 A. 0,25 liter
 B. 0,5 liter
 C. 1 liter
 D. 1,5 liter
 E. 2 liter

23. Pada suhu dan tekanan tertentu, 2 liter gas nitrogen mengandung *n* molekul gas nitrogen. Pada suhu dan tekanan yang sama, jumlah molekul gas oksigen yang volumenya 10 liter adalah … .
 A. *n* molekul gas oksigen
 B. 2*n* molekul gas oksigen
 C. 3*n* molekul gas oksigen
 D. 4*n* molekul gas oksigen
 E. 5*n* molekul gas oksigen

24. Pakar kimia yang menyatakan hukum perbandingan volume adalah … .
 A. Boyle
 B. Gay Lussac
 C. Rutherford
 D. Dalton
 E. Avogadro

25. Gas hidrokarbon (C_xH_y) bervolume 3 liter tepat dibakar sempurna dengan 18 liter oksigen menghasilkan 12 liter gas karbon dioksida sesuai reaksi:
 $C_xH_y + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$ (belum setara)
 Rumus molekul hidrokarbon tersebut adalah … .
 A. C_5H_{12}
 B. C_5H_{10}
 C. C_4H_6
 D. C_4H_8
 E. C_3H_8

26. Sebanyak 6 liter campuran gas metana (CH_4) dan gas etana (C_2H_6) dapat dibakar sempurna dengan 19 liter gas oksigen pada suhu dan tekanan yang sama. Persamaan reaksinya:
 $CH_4 + 3\ O_2 \longrightarrow CO_2 + 2\ H_2O$
 $2\ C_2H_6 + 7\ O_2 \longrightarrow 4\ CO_2 + 6\ H_2O$
 Volume gas CH_4 dan C_2H_6 berturut-turut adalah … liter.
 A. 1 dan 5
 B. 5 dan 1
 C. 4 dan 2
 D. 2 dan 4
 E. 2 dan 3

27. Suatu campuran terdiri dari 60% volume gas N_2 dan 40% volume gas O_2. Perbandingan molekul gas N_2 dan O_2 dalam campuran itu adalah … .
 A. 3 : 2
 B. 4 : 3
 C. 21 : 16
 D. 16 : 21
 E. 2 : 3

28. Pada suhu dan tekanan tertentu, 10 liter gas NO bereaksi dengan 5 liter gas O_2, sehingga menghasilkan 10 liter gas N_xO_y pada suhu dan tekanan yang sama. Rumus molekul senyawa N_xO_y adalah … .
 A. NO_2
 B. N_2O_4
 C. N_2O_3
 D. N_2O_5
 E. N_2O

29. Pada suhu 25 °C dan tekanan 1 atm diketahui kadar oksigen dalam udara adalah 20%. Reaksi pembakaran karbon:

$C + O_2 \longrightarrow CO_2$

Pada pembakaran karbon dengan 100 liter udara dihasilkan gas karbon dioksida sebanyak … .

A. 10 liter
B. 20 liter
C. 50 liter
D. 80 liter
E. 100 liter

30. Logam aluminium yang dapat dihasilkan dari 10.000 kg bauksit murni menurut reaksi:

$2\ Al_2O_3(s) \longrightarrow 4\ Al(s) + 3\ O_2(g)$

(A_r Al = 27 dan O = 16) adalah … .

A. 8 000 kg
B. 6.600 kg
C. 5.300 kg
D. 4.700 kg
E. 1.900 kg

31. Sebanyak 11,2 gram serbuk besi (Fe) dipanaskan secara sempurna dengan 6,4 gram serbuk belerang (S), sesuai reaksi:

$Fe + S \longrightarrow FeS$

Senyawa besi(II) sulfida (FeS) yang terbentuk sebanyak … .

A. 6,4 gram
B. 11,2 gram
C. 12,8 gram
D. 17,6 gram
E. 22,4 gram

32. Massa zat-zat sebelum dan sesudah reaksi kimia selalu tetap. Pernyataan tersebut dikemukakan oleh … .

A. Proust
B. John Dalton
C. Lavoisier
D. Berzellius
E. Gay Lussac

33. Perbandingan massa magnesium dengan massa oksigen dalam senyawa magnesium oksida adalah 3 : 2. Jika 12 gram magnesium direaksikan dengan 6 gram oksigen, maka massa magnesium oksida (MgO) yang terbentuk adalah … .

A. 6 gram
B. 10 gram
C. 15 gram
D. 21 gram
E. 30 gram

34. Diketahui data percobaan pembentukan senyawa pirit sebagai berikut.

Massa Besi (Fe)	Massa Belerang (S)	Massa Pirit (FeS_2)
7 gram	8 gram	15 gram
14 gram	16 gram	30 gram
21 gram	24 gram	45 gram

Perbandingan Fe : S adalah … .

A. 1 : 2
B. 2 : 3
C. 4 : 3
D. 5 : 8
E. 7 : 8

35. Dua liter gas N_2 tepat bereaksi dengan 5 liter gas O_2 membentuk 2 liter senyawa N_xO_y pada suhu dan tekanan yang sama. Rumus molekul senyawa N_xO_y tersebut adalah … .
 A. NO
 B. NO_2
 C. N_2O
 D. N_2O_3
 E. N_2O_5

36. Satu liter campuran gas terdiri dari 60% volume metana (CH_4) dan sisanya gas etana (C_2H_6) dibakar sempurna sesuai reaksi:

 $CH_4 + 3\ O_2 \longrightarrow 2\ CO_2 + 2\ H_2O$

 $2\ C_2H_6 + 7\ O_2 \longrightarrow 4\ CO_2 + 6\ H_2O$

 Volume gas oksigen yang dibutuhkan adalah … .
 A. 2,4 liter
 B. 2,6 liter
 C. 2,8 liter
 D. 3,0 liter
 E. 3,2 liter

37. Jika diketahui massa atom relatif H = 1, S = 32, O = 16 dan massa molekul relatif $(NH_4)_2SO_4$ = 132, maka massa atom relatif N adalah … .
 A. 7
 B. 12
 C. 14
 D. 20
 E. 28

38. Jika diketahui massa atom relatif H = 1, O = 16, Al = 27, dan S = 32, maka massa molekul relatif $Al_2(SO_4)_3 .n\ H_2O$ adalah … .
 A. $75 \times 18n$
 B. $75 + 18n$
 C. $342n$
 D. $342 + 18n$
 E. $342 \times 18n$

39. Diketahui A_r C = 12, O = 16, Na = 23, dan S = 32. Gas-gas berikut ini mempunyai massa 32 gram, ***kecuali*** … .
 A. 0,4 mol SO_3
 B. 2 mol CH_4
 C. 0,5 mol SO_2
 D. 0,5 mol C_4H_{10}
 E. 1 mol O_2

40. Jumlah mol dari 29,8 gram amonium fosfat ($(NH_4)_3PO_4$) (A_r N = 14, H = 1, dan P = 31) adalah … .
 A. 0,05 mol
 B. 0,15 mol
 C. 0,20 mol
 D. 0,25 mol
 E. 1,10 mol

41. Jika diketahui A_r Ca = 40, C = 12, O = 16 dan bilangan Avogadro = $6{,}02 \times 10^{23}$, maka 50 gram $CaCO_3$ mempunyai jumlah molekul … .
 A. $3{,}01 \times 10^{21}$
 B. $3{,}01 \times 10^{22}$
 C. $6{,}02 \times 10^{22}$
 D. $3{,}10 \times 10^{23}$
 E. $1{,}204 \times 10^{23}$

42. Jika A_r C = 12 dan O = 16, maka volume dari 8,8 gram gas CO_2 pada keadaan standar (STP) adalah … .
 A. 2,24 liter
 B. 4,48 liter
 C. 6,72 liter
 D. 8,96 liter
 E. 22,4 liter
43. Massa dari $1{,}204 \times 10^{22}$ molekul NH_3 (A_r N = 17 dan H = 1) adalah … .
 A. 0,17 gram
 B. 0,34 gram
 C. 1,70 gram
 D. 2,80 gram
 E. 3,40 gram
44. Massa dari 4,48 liter gas X_2 pada keadaan standar (STP) adalah 14,2 gram. Massa atom relatif unsur *X* tersebut adalah
 A. 35,5
 B. 71
 C. 105,5
 D. 142
 E. 213
45. Massa glukosa ($C_6H_{12}O_6$) yang harus dilarutkan dalam 500 mL air untuk membuat larutan glukosa ($C_6H_{12}O_6$) 0,2 *M* (A_r C = 12, H = 1, dan O = 16) adalah
 A. 9 gram
 B. 18 gram
 C. 36 gram
 D. 54 gram
 E. 90 gram
46. Pada suhu dan tekanan tertentu, 5 liter gas H_2 mempunyai massa 0,4 gram. Pada suhu dan tekanan yang sama, 10 liter gas *X* massanya 28 gram. Jika A_r H = 1, maka massa molekul relatif gas *X* adalah
 A. 30
 B. 40
 C. 50
 D. 60
 E. 70
47. Volume dari 8 gram SO_3 (A_r S = 32 dan O = 16) pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm (R = 0,082) adalah
 A. 1,24 liter
 B. 2,48 liter
 C. 4,48 liter
 D. 5,24 liter
 E. 6,12 liter
48. Dalam 100 gram senyawa terdapat 40% kalsium, 12% karbon, dan 48% oksigen. Jika A_r Ca = 40, C = 12, dan O = 16, maka rumus empiris senyawa tersebut adalah
 A. CaCO
 B. $CaCO_2$
 C. $CaCO_3$
 D. Ca_2CO_3
 E. CaC_2O
49. Dalam satu molekul air (H_2O) (A_r H = 1 dan O = 16) terdapat persen massa hidrogen sebesar … .
 A. 22,2%
 B. 11,1%
 C. 5,55%
 D. 1,11%
 E. 0,11%

50. Pada senyawa $K_2Cr_2O_7$ (A_r K = 39, Cr = 52, O = 16), kadar oksigen adalah … .
 A. 12%
 B. 28%
 C. 38%
 D. 42%
 E. 62%

51. Dalam 1.500 kg urea ($CO(NH_2)_2$) terkandung unsur nitrogen sebesar … .
 A. 250 kg
 B. 300 kg
 C. 500 kg
 D. 650 kg
 E. 700 kg

52. Sebanyak 305 kg pupuk ZA ($(NH_4)_2SO_4$) (A_r N = 14, H = 1, S = 32, dan O = 16) disebar secara merata pada sawah seluas 1 hektar (10.000 m^2). Massa nitrogen yang diperoleh setiap 10 m^2 tanah adalah … .
 A. 35 gram
 B. 65 gram
 C. 105 gram
 D. 140 gram
 E. 210 gram

53. Dalam 100 gram pupuk urea ($CO(NH_2)_2$) terdapat 22,4 gram nitrogen (A_r C = 12, O = 16, N = 14, H = 1). Kadar nitrogen dalam pupuk urea tersebut adalah … .
 A. 96%
 B. 48%
 C. 44,8%
 D. 23,3%
 E. 22,4%

54. Suatu senyawa mempunyai rumus empiris $(CH_2O)_n$ dengan massa molekul relatif 180 (A_r C = 12, H = 1, dan O = 16). Rumus molekul senyawa tersebut adalah … .
 A. CH_2O
 B. $C_2H_2O_2$
 C. $C_3H_6O_3$
 D. $C_4H_6O_4$
 E. $C_6H_{12}O_6$

55. Suatu senyawa hidrokarbon mempunyai rumus empiris CH_2 (A_r C = 12 dan H = 1). Jika 5,6 liter (STP) gas tersebut mempunyai massa 14 gram, maka rumus molekul gas tersebut adalah … .
 A. C_2H_4
 B. C_2H_6
 C. C_3H_8
 D. C_4H_8
 E. C_5H_{10}

56. Suatu senyawa oksida nitrogen N_xO_y mengandung 63,16% nitrogen dan 36,84% oksigen (A_r N = 14 dan O = 16). Senyawa tersebut adalah … .
 A. NO
 B. N_2O
 C. NO_2
 D. N_2O_3
 E. N_2O_5

57. Sebanyak 0,37 gram senyawa organik $C_xH_yO_z$ (A_r C = 12, H = 1, dan O = 16) dibakar sempurna menghasilkan 0,88 gram CO_2 dan 0,45 gram H_2O sesuai reaksi:

 $C_xH_yO_z + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$ (belum setara)

 Rumus kimia senyawa organik tersebut adalah … .
 A. CH_3OH
 B. C_2H_5OH
 C. C_3H_7OH
 D. C_4H_9OH
 E. CH_3COOH

58. Pada kristalisasi 3,19 gram tembaga(II) sulfat ($CuSO_4$) terbentuk 4,99 gram hidrat $CuSO_4.x\ H_2O$ (A_r Cu = 63,5, S = 32, O = 16, dan H = 1). Harga *x* adalah … .
 A. 3
 B. 4
 C. 5
 D. 6
 E. 7

59. Apabila kristal $BaCl_2.x\ H_2O$ (A_r Ba = 137, Cl = 35,5, H = 1, dan O = 16) mengandung 14,75% air kristal, maka rumus yang tepat untuk kristal tersebut adalah … .
 A. $BaCl_2.H_2O$
 B. $BaCl_2.2\ H_2O$
 C. $BaCl_2.3\ H_2O$
 D. $BaCl_2.4\ H_2O$
 E. $BaCl_2.5\ H_2O$

60. Penguraian 24,5 gram $KClO_3$ (A_r K = 39, Cl = 35,5, dan O = 16) menurut reaksi:
 $2\ KClO_3 \longrightarrow 2\ KCl + 3\ O_2$
 Pada keadaan standar dihasilkan gas oksigen sebanyak … .
 A. 2,24 liter
 B. 4,48 liter
 C. 6,72 liter
 D. 8,96 liter
 E. 11,2 liter

61. Sejumlah 3,2 gram gas CH_4 dibakar dengan 16 gram O_2 sesuai reaksi:
 $CH_4(g) + 2\ O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2\ H_2O(l)$
 Jika A_r C = 12, H = 1, dan O = 16, maka massa CO_2 yang terbentuk adalah … .
 A. 1,1 gram
 B. 2,2 gram
 C. 8,8 gram
 D. 11 gram
 E. 22 gram

62. Diketahui reaksi $CaCO_3(s) + 2\ HCl(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$. Jika 10 gram $CaCO_3$ direaksikan dengan 100 mL larutan HCl 1 *M*, maka massa $CaCl_2$ (A_r Ca = 40, C = 12, O = 16, dan Cl = 35,5) yang terbentuk adalah … .
 A. 22,2 gram
 B. 11,1 gram
 C. 5,55 gram
 D. 4,44 gram
 E. 2,22 gram

63. Pada pembakaran sempurna 6 gram C_2H_6 (A_r C = 12 dan O = 16) sesuai reaksi:
 $2\ C_2H_6(g) + 7\ O_2(g) \longrightarrow 4\ CO_2(g) + 6\ H_2O(l)$
 gas CO_2 yang dihasilkan pada keadaan standar (STP) adalah … .
 A. 2,24 liter
 B. 4,48 liter
 C. 6,72 liter
 D. 8,96 liter
 E. 11,2 liter

64. Reduksi besi(III) oksida dengan CO menghasilkan besi sesuai reaksi:
 $Fe_2O_3 + 3\ CO \longrightarrow 2\ Fe + 3\ CO_2$
 Untuk menghasilkan 11,2 kg besi dibutuhkan Fe_2O_3 (A_r Fe = 56 dan O = 16) sebanyak … .
 A. 22 kg
 B. 20 kg
 C. 18 kg
 D. 16 kg
 E. 15 kg

65. Sebanyak 10,4 gram kromium bereaksi dengan larutan $CuSO_4$ menurut reaksi:
$2\ Cr + 3\ CuSO_4 \longrightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 3\ Cu$
Massa tembaga yang terbentuk (A_r Cr = 52 dan Cu = 63,5) adalah … .
A. 6,35 gram
B. 9 gram
C. 10,5 gram
D. 19,05 gram
E. 21 gram

66. Sebanyak 1 mol kalsium sianida ($CaCN_2$) dan 2 mol air dibiarkan bereaksi sempurna menurut persamaan reaksi:
$CaCN_2 + 3\ H_2O \longrightarrow CaCO_3 + 2\ NH_3$
Volume gas NH_3 yang dihasilkan pada keadaan standar (STP) adalah … .
A. 67,2 liter
B. 33,6 liter
C. 22,4 liter
D. 15 liter
E. 10 liter

67. $3{,}01 \times 10^{23}$ molekul besi direaksikan dengan larutan asam sulfat menurut reaksi berikut.
$2\ Fe + 3\ H_2SO_4 \longrightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 3\ H_2$
Pada suhu dan tekanan tertentu, 4 gram O_2 (A_r O = 16) volumenya 1 liter. Pada suhu dan tekanan yang sama, volume gas H_2 yang dihasilkan dari reaksi di atas adalah … .
A. 8 liter
B. 7 liter
C. 6 liter
D. 5 liter
E. 4 liter

68. Diketahui reaksi $KClO_3 + 6\ HCl \longrightarrow KCl + 3\ H_2O + 3\ Cl_2$. Bila 3,675 gram $KClO_3$ (A_r K = 39, Cl = 35,5, dan O = 16) direaksikan dengan 100 mL larutan HCl 1,2 *M*, maka massa KCl yang terbentuk adalah … .
A. 15 gram
B. 8,70 gram
C. 7,45 gram
D. 3,00 gram
E. 1,49 gram

69. Sebanyak 26 mg logam *L* (A_r *L* = 52) dilarutkan dalam larutan asam sulfat membebaskan 16,8 mL gas hidrogen (STP) menurut persamaan:
$2\ L(s) + x\ H_2SO_4(aq) \longrightarrow L_2(SO_4)_x(aq) + x\ H_2(g)$
Bilangan oksidasi L adalah … .
A. +1
B. +2
C. +3
D. +4
E. +5

70. Untuk membakar sempurna 89,6 liter gas propana sesuai reaksi:
$C_3H_8(g) + 5\ O_2(g) \longrightarrow 3\ CO_2(g) + 4\ H_2O(l)$
diperlukan volume oksigen (STP) sebanyak
A. 1.000 liter
B. 760 liter
C. 620 liter
D. 550 liter
E. 448 liter

II. Kerjakan soal-soal berikut ini dengan benar!

1. Tulis dan setarakan persamaan reaksi berikut.
 a. Logam seng direaksikan dengan larutan asam klorida membentuk larutan seng klorida dan gas hidrogen.
 b. Larutan kalsium hidroksida bereaksi dengan larutan asam klorida membentuk larutan kalsium klorida dan air.
 c. Yodium padat bereaksi dengan larutan natrium hidroksida membentuk larutan natrium iodida, larutan natrium iodat, dan air
 d. Besi(III) oksida bereaksi dengan larutan asam bromida menghasilkan larutan besi(III) bromida dan air.
 e. Larutan timbal(II) nitrat bereaksi dengan larutan natrium klorida membentuk endapan timbal(II) klorida dan larutan natrium nitrat.
2. Berapa liter gas oksigen yang diperlukan pada pembakaran 10 liter butana (C_4H_{10}) sesuai reaksi:
 $2\ C_4H_{10}(g) + 13\ O_2(g) \longrightarrow 8\ CO_2(g) + 10\ H_2O(l)$
3. Sebanyak 100 mL gas N_xO_y terurai menjadi 100 mL gas nitrogen oksida dan 50 mL gas oksigen. Tentukan rumus kimia gas N_xO_y tersebut!
4. Untuk membakar 2 liter gas C_xH_y diperlukan 10 liter gas oksigen. Jika pada pembakaran itu terbentuk 6 liter CO_2 sesuai reaksi:
 $C_xH_y + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$ (belum setara)
 tentukan rumus kimia C_xH_y!
5. Delapan liter campuran gas CH_4 dan C_3H_8 memerlukan 25 liter gas oksigen untuk membakar campuran tersebut sesuai reaksi:
 $CH_4 + 2\ O_2 \longrightarrow CO_2 + 2\ H_2O$
 $C_3H_8 + 5\ O_2 \longrightarrow 3\ CO_2 + 4\ H_2O$
 Tentukan komposisi masing-masing gas tersebut!
6. Pada suhu dan tekanan tertentu, 1 liter gas N_2 mengandung $2Q$ partikel. Pada suhu dan tekanan yang sama, tentukan jumlah partikel 12 liter gas CO!
7. Hitung persentase unsur oksigen pada senyawa FeO dan Fe_2O_3 (A_r Fe = 56 dan O = 16)!
8. Sebanyak 35 gram besi dibakar dengan 25 gram oksigen untuk membentuk senyawa besi(III) oksida (Fe_2O_3). Perbandingan massa besi dengan oksigen dalam senyawa Fe_2O_3 adalah 7 : 3. Tentukan:
 a. massa Fe_2O_3 yang terbentuk
 b. massa pereaksi yang sisa
9. Pada pembentukan senyawa kalsium sulfida (CaS), perbandingan massa Ca : S adalah 5 : 4. Bila 35 gram kalsium direaksikan dengan 20 gram belerang, tentukan:
 a. massa CaS yang terbentuk
 b. massa pereaksi yang sisa
10. Suatu oksida besi mengandung 77,78% besi (A_r Fe = 56 dan O = 16). Tentukan rumus empiris oksida besi tersebut!

11. Sebanyak 43 gram gips yang mempunyai rumus $CaSO_4.x\,H_2O$ dipanaskan hingga airnya menguap. Jika diperoleh 34 gram $CaSO_4$ murni, tentukan nilai x! (A_r Ca = 40, S = 32, O = 16, dan H = 1)
12. Hitunglah volume masing-masing gas berikut pada keadaan standar (STP).
 a. 3,4 gram NH_3
 b. 22 gram CO_2
 c. 8 gram CO
 d. 56 gram N_2
 e. 100 gram SO_3
 (A_r C = 12, N = 14, O = 16, S = 32, dan H = 1)
13. Berapa gram massa dari gas-gas di bawah ini pada keadaan standar (STP)?
 a. 89,6 liter CH_4
 b. 5,6 liter N_2O
 c. 44,8 liter C_3H_8
 d. 2,24 liter H_2S
 e. 6,72 liter H_2O
 (A_r C = 12, N = 14, O = 16, S = 32, dan H = 1)
14. Tentukan jumlah molekul yang terkandung dalam 2 liter gas oksigen pada keadaan standar!
15. Sebanyak 12 gram etana (C_2H_6) dibakar sempurna (A_r C = 12, H = 1), menurut reaksi:
 $2\,C_2H_6 + 7\,O_2 \longrightarrow 4\,CO_2 + 6\,H_2O$
 Tentukan volume gas CO_2 yang dihasilkan pada keadaan standar (STP)?
16. Hitunglah M_r suatu gas yang volumenya 4,48 liter pada keadaan standar (STP) massanya 12,8 gram!
17. Pada suhu dan tekanan tertentu, 1 liter gas SO_2 bermassa 8 gram. Berapa gram massa dari 5 liter gas CH_4 pada kondisi tersebut? (A_r C = 12, H = 1, S = 32, dan O = 16).
18. Sebanyak 36 gram logam X direaksikan dengan larutan HCl menurut reaksi:
 $X + 4\,HCl \longrightarrow XCl_4 + 2\,H_2$
 Gas hidrogen yang terbentuk adalah 15 liter diukur pada keadaan di mana 8 gram gas O_2 bervolume 2,5 liter. Hitunglah A_r X! (A_r O = 16).
19. Pada penguraian $KClO_3$ menurut reaksi:
 $2\,KClO_3 \longrightarrow 2\,KCl + 3\,O_2$
 terbentuk 600 mL gas oksigen yang diukur pada kondisi di mana 0,5 liter gas N_2 memiliki massa 0,7 gram. Hitunglah berat $KClO_3$ yang terurai! (A_r K = 39, Cl = 35,5, O = 16, dan N = 14)
20. Pembakaran sempurna 8 gram belerang sesuai reaksi:
 $2\,S + 3\,O_2 \longrightarrow 2\,SO_3$
 Pada suhu dan tekanan tertentu, 2 mol gas N_2 volumenya 10 liter. Tentukan volume belerang trioksida pada kondisi tersebut!

Latihan Ulangan Umum Semester 1

Pilih satu jawaban paling benar di antara pilihan jawaban A, B, C, D, atau E! Untuk soal yang memerlukan hitungan, jawablah dengan uraian jawaban beserta cara mengerjakannya!

1. Di bawah ini nama penemu partikel penyusun inti atom proton adalah … .
 A. John Dalton
 B. J. J. Thompson
 C. Robert Andrew Milikan
 D. James Chadwick
 E. Eugen Goldstein
2. Gagasan utama yang dikemukakan oleh teori atom Niels Bohr adalah … .
 A. menentukan jumlah proton dalam atom
 B. mengetahui banyaknya neutron
 C. dapat diketahui massa suatu atom
 D. mengetahui tingkat energi dalam atom
 E. menemukan isotop-isotop suatu atom
3. Jumlah proton dan neutron unsur ${}^{12}_{6}C$, ${}^{27}_{13}Al$, ${}^{40}_{20}Ca$ berturut-turut adalah … .
 A. 6 dan 6, 14 dan 13, 20 dan 20
 B. 12 dan 6, 27 dan 13, 40 dan 20
 C. 6 dan 6, 13 dan 14, 20 dan 20
 D. 6 dan 12, 13 dan 27, 20 dan 40
 E. 6 dan 6, 13 dan 13, 40 dan 20
4. Diketahui lambang unsur: ${}^{14}_{7}A$, ${}^{15}_{7}B$, ${}^{40}_{19}C$, ${}^{40}_{18}D$.
 Pasangan unsur berikut ini yang merupakan isotop adalah … .
 A. A dan E
 B. A dan B
 C. C dan D
 D. A dan C
 E. C dan E
5. Pengelompokan unsur berdasarkan kenaikan massa atom maka unsur kedelapan sifatnya mirip dengan unsur kesatu, unsur kedua mirip dengan unsur kesembilan, dikemukakan oleh … .
 A. Newlands
 B. J. Lothar Meyer
 C. Mendeleev
 D. Moseley
 E. Dobereiner
6. Diketahui unsur-unsur: ${}_{7}N$, ${}_{8}O$, ${}_{9}F$, ${}_{10}Ne$, ${}_{11}Na$, ${}_{12}Mg$. Unsur atau ion-ion di bawah ini yang memiliki jumlah elektron sama adalah … .
 A. N, O^{2-}, Ne, F^{-}
 B. Ne, Mg^{2+}, F^{+}, O^{2-}
 C. O^{2-}, F^{-}, Na^{+}, Mg^{2+}
 D. Na^{+}, Mg^{2+}, O, F
 E. N^{3-}, F^{-}, Ne, O
7. Unsur-unsur yang terletak dalam satu periode akan memiliki kecenderungan … .
 A. jari-jari atom bertambah dengan bertambahnya nomor atom
 B. elektronegatifitas berkurang dengan bertambahnya nomor atom
 C. jari-jari atom berkurang dengan bertambahnya nomor atom
 D. energi ionisasi berkurang dengan bertambahnya nomor atom
 E. afinitas elektron berkurang dengan bertambahnya nomor atom

8. Diketahui unsur-unsur dengan nomor atom:
 ${}_{7}N$, ${}_{9}F$, ${}_{15}P$, ${}_{19}K$, ${}_{17}Cl$, ${}_{33}As$, ${}_{35}Br$
 Unsur-unsur yang terletak dalam satu golongan adalah
 A. N, F, dan K
 B. P, Cl, dan Br
 C. F, K, dan As
 D. N, P, dan As
 E. K, Cl, dan Br
9. Diketahui unsur-unsur dengan nomor atom: ${}_{13}Al$, ${}_{14}Si$, ${}_{15}P$, ${}_{16}S$, ${}_{17}Cl$. Yang memiliki energi ionisasi terbesar adalah unsur
 A. Al
 B. Si
 C. P
 D. S
 E. Cl
10. Konfigurasi elektron unsur *X* yang memiliki jumlah proton 35 dan nomor massa 80 adalah
 A. 2, 8, 8, 2
 B. 2, 8, 18, 2
 C. 2, 8, 18, 3
 D. 2, 8, 18, 5
 E. 2, 8, 18, 7
11. Bila diketahui ${}_{12}X$ dan ${}_{20}Y$, maka unsur *X* dan *Y* tersebut dalam sistem periodik unsur termasuk dalam golongan
 A. *X* dan *Y* golongan alkali
 B. *X* golongan alkali tanah dan *Y* golongan halogen
 C. *X* dan *Y* golongan alkali tanah
 D. *X* dan *Y* golongan gas mulia
 E. *X* golongan halogen dan *Y* golongan alkali
12. Unsur ${}_{11}Na$ berikatan dengan unsur ${}_{8}O$ membentuk senyawa dan berikatan … .
 A. NaO, ikatan ion
 B. Na_2O, ikatan ion
 C. NaO_2, ikatan ion
 D. NaO_2, ikatan kovalen
 E. Na_2O, ikatan kovalen
13. Diketahui nomor atom: ${}_{1}H$, ${}_{7}N$, ${}_{8}O$, ${}_{9}F$, ${}_{17}Cl$.
 Molekul berikut ini yang berikatan kovalen rangkap tiga adalah … .
 A. Cl_2
 B. F_2
 C. O_2
 D. N_2
 E. H_2
14. Diketahui konfigurasi elektron dari unsur-unsur berikut.
 P = 2, 8, 1
 Q = 2, 8, 2
 R = 2, 8, 6
 S = 2, 8, 7
 T = 2, 8, 8, 1
 Pasangan unsur yang dapat membentuk ikatan ion adalah … .
 A. *PT*
 B. *QT*
 C. *PQ*
 D. *SR*
 E. *TS*
15. Di antara senyawa berikut ini, yang semuanya berikatan kovalen adalah
 A. H_2O, SO_2, dan K_2O
 B. $CaCl_2$, NaCl, dan NH_3
 C. H_2S, HCl, dan $MgBr_2$
 D. HCl, H_2S, dan CO_2
 E. HCl, NaBr, dan KI

16. Pasangan senyawa berikut ini mempunyai ikatan ion adalah
 A. NH_3 dan CS_2
 B. CO_2 dan KCl
 C. MgO dan KCl
 D. $MgCl_2$ dan H_2O
 E. HCl dan NaCl
17. Diketahui rumus kimia beberapa zat sebagai berikut.
 1) N_2O_4
 2) CaO
 3) MgO
 4) P_2O_5
 5) K_2O

 Berikut ini yang semuanya merupakan rumus kimia oksida logam adalah … .
 A. 2, 4, dan 5
 B. 2, 3, dan 5
 C. 1, 2, dan 3
 D. 3, 4, dan 5
 E. 2, 3, dan 4
18. Pada reaksi antara logam seng (Zn) dengan larutan asam klorida encer (HCl) akan terbentuk larutan seng klorida dan gas hidrogen. Penulisan persamaan reaksi yang benar adalah … .
 A. $Zn + HCl \longrightarrow ZnCl + H_2$
 B. $Zn(s) + 2\ HCl(aq) \longrightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$
 C. $2\ Zn(s) + 2\ HCl(aq) \longrightarrow 2\ ZnCl(aq) + H_2(g)$
 D. $Zn(aq) + 2\ HCl(aq) \longrightarrow ZnCl_2(s) + H_2(g)$
 E. $2\ Zn(s) + HCl(aq) \longrightarrow 2\ ZnCl(aq) + H_2(g)$
19. Jika bilangan Avogadro = 6×10^{23}, maka jumlah atom hidrogen yang terdapat dalam 4 gram hidrazin (N_2H_4) (M_r = 32) adalah … .
 A. 2×10^{20}
 B. 2×10^{21}
 C. 3×10^{22}
 D. 3×10^{23}
 E. 4×10^{23}
20. Reaksi besi(II) sulfida dengan gas oksigen berlangsung menurut reaksi:
 $FeS(s) + O_2(g) \longrightarrow Fe_2O_3(s) + SO_2(g)$
 Reaksi belum setara, maka jika telah bereaksi 8,8 gram FeS murni (A_r Fe = 56, O = 16, S = 32), gas SO_2 yang dihasilkan pada keadaan standar (STP) adalah … .
 A. 24,2 liter
 B. 22,4 liter
 C. 2,42 liter
 D. 2,24 liter
 E. 1,12 liter
21. Suatu senyawa organik terdiri dari 40% C, 6,67% H, dan sisanya oksigen. Jika A_r C = 12, H = 1, O = 16 dan massa molekul senyawa tersebut 60, maka rumus molekul senyawa tersebut adalah … .
 A. CH_4O
 B. C_2H_5OH
 C. CH_3COH
 D. CH_2O
 E. CH_3COOH

22. Rumus kimia garam yang benar berdasarkan tabel kation dan anion:

Kation	Anion
Al^{3+}	NO_3^-
Mg^{2+}	PO_4^{3-}
NH_4^+	SO_4^{2-}

adalah
A. Al_2SO_4
B. $Mg_3(PO_4)_2$
C. $(NH_4)_3NO_3$
D. Al_3PO_4
E. Mg_2SO_4

23. Gas butana dibakar sempurna menurut reaksi:
$a\ C_4H_{10}(g) + b\ O_2(g) \longrightarrow c\ CO_2(g) + d\ H_2O(g)$
Harga koefisien reaksi *a*, *b*, *c*, dan *d* berturut-turut adalah
A. 1, 13, 8, dan 10
B. 2, 13, 8, dan 10
C. 2, 13, 4, dan 10
D. 2, 13, 8, dan 5
E. 1, 13, 4, dan 5

24. Pada suhu dan tekanan yang sama, semua gas yang memiliki volume yang sama akan memiliki jumlah partikel yang sama. Pernyataan tersebut dikenal dengan hukum
A. Gay Lussac
B. Dalton
C. Lavoisier
D. Avogadro
E. Proust

25. Jika dalam 8 liter gas CO_2 (*P*, *T*) terdapat $6{,}02 \times 10^{22}$ molekul gas tersebut, maka pada suhu dan tekanan yang sama, $1{,}505 \times 10^{21}$ molekul gas NO_2 akan menempati ruang yang volumenya
A. 0,2 liter
B. 2 liter
C. 8 liter
D. 16 liter
E. 20 liter

26. Nitrogen dan oksigen membentuk berbagai macam senyawa, di antaranya mengandung nitrogen 25,93% sisanya oksigen (A_r N = 14, O = 16). Rumus kimia senyawa nitrogen oksida tersebut adalah … .
A. NO
B. N_2O
C. NO_2
D. N_2O_3
E. N_2O_5

27. Hidroksida suatu unsur *L* dengan rumus $L(OH)_3$ mempunyai M_r = 78. Jika A_r H = 1, maka massa atom relatif *L* adalah
A. 14
B. 20
C. 27
D. 28
E. 31

28. Massa yang terkandung dalam 3 mol urea ($CO(NH_2)_2$) (A_r C = 12, O = 16, N = 14, dan H = 1) adalah
A. 60 gram
B. 120 gram
C. 150 gram
D. 180 gram
E. 240 gram

29. Jika massa dari 5 liter gas oksigen (P, T) 6,4 gram (A_r O = 16), maka pada kondisi yang sama, massa dari 1 liter C_4H_{10} (A_r C = 12, H = 1) adalah
 A. 1,28 gram
 B. 2,32 gram
 C. 3,2 gram
 D. 11,6 gram
 E. 58 gram

30. Jika 6 ton pupuk urea ($CO(NH_2)_2$) (M_r = 60) disebar secara merata pada kebun seluas 2 hektar (20.000 m^2), maka tiap m^2 tanah mendapat tambahan nitrogen sebesar
 A. 14 gram
 B. 140 gram
 C. 150 gram
 D. 180 gram
 E. 280 gram

31. Volume gas CO_2 (STP) yang dapat terbentuk pada pembakaran sempurna 6 gram C_2H_6 (A_r C = 12, H = 1) menurut reaksi:
 $2\ C_2H_6(g) + 7\ O_2(g) \longrightarrow 4\ CO_2(g) + 6\ H_2O(l)$ adalah
 A. 2,24 liter
 B. 4,48 liter
 C. 8,96 liter
 D. 11,2 liter
 E. 89,6 liter

32. Campuran 8 liter gas CH_4 dan C_2H_6 dibakar sempurna sesuai reaksi:
 $CH_4(g) + 2\ O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2\ H_2O(l)$
 $2\ C_2H_6(g) + 7\ O_2(g) \longrightarrow 4\ CO_2(g) + 6\ H_2O(l)$
 menghasilkan gas CO_2 sebanyak 12 liter. Volume CH_4 dan C_2H_6 berturut-turut adalah
 A. 2 liter dan 6 liter
 B. 3 liter dan 5 liter
 C. 5 liter dan 3 liter
 D. 6 liter dan 2 liter
 E. 4 liter dan 4 liter

33. Untuk membuat 500 mL larutan NaOH dengan konsentrasi 0,2 M diperlukan NaOH (A_r Na = 23, O = 16, dan H = 1) sebanyak
 A. 2 gram
 B. 4 gram
 C. 8 gram
 D. 10 gram
 E. 16 gram

34. Volume air yang perlu ditambahkan pada 12,5 mL larutan HCl 2 M untuk membuat larutan HCl 0,1 M adalah
 A. 250 mL
 B. 237,5 mL
 C. 225 mL
 D. 200 mL
 E. 112,5 mL

35. Pada reaksi:
 $2\ AgNO_3(aq) + K_2CrO_4(aq) \longrightarrow Ag_2CrO_4(s) + 2\ KNO_3(aq)$
 volume larutan $AgNO_3$ 0,1 M yang diperlukan agar tepat bereaksi dengan 10 mL larutan K_2CrO_4 0,2 M adalah
 A. 10 mL
 B. 20 mL
 C. 30 mL
 D. 40 mL
 E. 60 mL

36. Diketahui reaksi:

$Mg(s) + CuSO_4(aq) \longrightarrow MgSO_4(aq) + Cu(s)$

Bila 6 gram magnesium tepat habis bereaksi dengan larutan $CuSO_4$ (A_r Mg = 24, Cu = 63,5), maka dihasilkan tembaga sebanyak

A. 7,94 gram
B. 15,88 gram
C. 31,75 gram
D. 48 gram
E. 63,5 gram

37. Gas asetilena (A_r C = 12 dan H = 1) dibakar sesuai reaksi:

$2\ C_2H_2(g) + 5\ O_2(g) \longrightarrow 4\ CO_2(g) + 2\ H_2O(l)$

Bila dihasilkan 67,2 liter gas oksigen pada keadaan standar (STP), maka massa gas asetilena yang dibakar sebanyak

A. 13 gram
B. 26 gram
C. 31,2 gram
D. 41,6 gram
E. 46,8 gram

38. Dari reaksi:

$2\ Al(NO_3)_3(aq) + 3\ Na_2CO_3(aq) \longrightarrow Al_2(CO_3)_3(aq) + 6\ NaNO_3(aq)$

bila direaksikan 200 mol larutan $Al(NO_3)_3$ dengan 450 mol larutan Na_2CO_3, maka pereaksi yang sisa adalah

A. 50 mL larutan $Al(NO_3)_3$
B. 100 mL larutan $Al(NO_3)_3$
C. 150 mL larutan $Al(NO_3)_3$
d. 100 mL larutan Na_2CO_3
e. 150 mL larutan Na_2CO_3

39. Berdasarkan reaksi:

$Pb(NO_3)_2(aq) + 2\ KI(aq) \longrightarrow PbI_2(s) + 2\ KNO_3(aq)$

bila 30 mL larutan $Pb(NO_3)_2$ 0,1 *M* direaksikan dengan 20 mL larutan KI 0,4 *M*, maka massa endapan PbI_2 (A_r Pb = 207, I = 127) yang terbentuk adalah

A. 0,692 gram
B. 1,383 gram
C. 1,844 gram
D. 2,766 gram
E. 3,688 gram

40. Bila 100 mL larutan H_2SO_4 1 *M* direaksikan dengan 100 mL larutan $Ba(OH)_2$ 2 *M* menurut reaksi:

$H_2SO_4(aq) + Ba(OH)_2(aq) \longrightarrow BaSO_4(s) + 2\ H_2O(l)$

(A_r Ba = 137, S = 32, dan O = 16)

maka endapan yang terbentuk sebanyak

a. 46,6 gram
b. 23,3 gram
c. 18,5 gram
d. 4,66 gram
e. 2,33 gram

Bab 4

Larutan Elektrolit-Nonelektrolit dan Konsep Redoks



Tujuan Pembelajaran:

Setelah mempelajari bab ini, Anda diharapkan mampu:

1. Menyimpulkan gejala-gejala hantaran listrik dalam berbagai jenis larutan berdasarkan data pengamatan.
2. Mengelompokkan larutan ke dalam kelompok larutan elektrolit dan nonelektrolit.
3. Menjelaskan penyebab larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik.
4. Menjelaskan bahwa larutan elektrolit dapat berupa senyawa ion dan senyawa kovalen polar.
5. Menjelaskan berbagai konsep reaksi reduksi-oksidasi (redoks).
6. Menentukan bilangan oksidasi atom unsur dalam senyawa maupun ion.
7. Menentukan oksidator, reduktor, zat hasil oksidasi, dan zat hasil reduksi dalam reaksi redoks.
8. Memberi nama senyawa berdasarkan bilangan oksidasi.
9. Menjelaskan penerapan konsep reaksi redoks dalam proses pengolahan limbah (lumpur aktif).

Kata Kunci

Daya hantar listrik, elektrolit, reaksi ionisasi, elektrolit kuat, senyawa ionik, senyawa kovalen polar, reduksi, oksidasi, bilangan oksidasi, autoredoks, lumpur aktif.

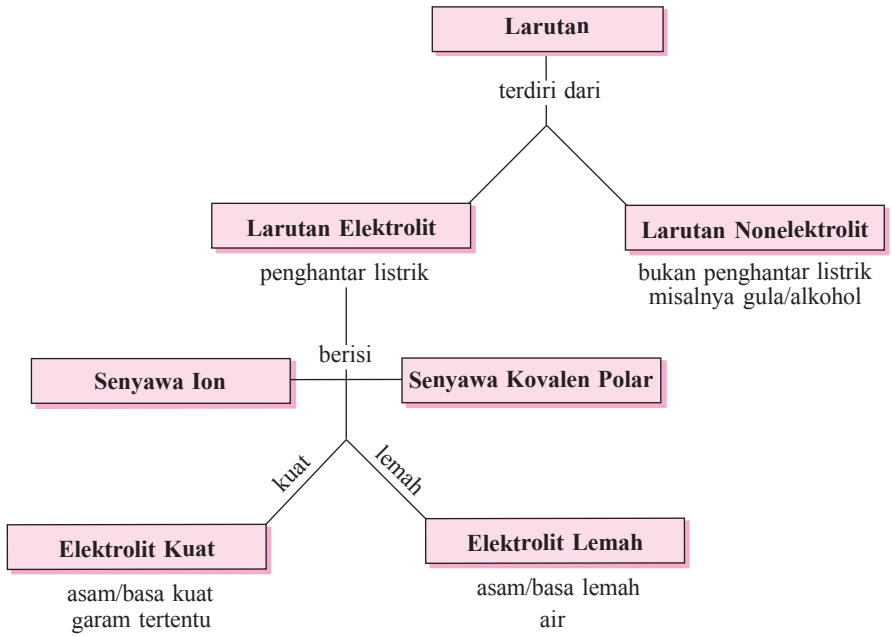
Pengantar

Pernahkah Anda memperhatikan orang yang mencari ikan di sungai dengan cara menyetrum, apa yang terjadi? Ternyata di sekitar alat setrum tersebut tiba-tiba muncul banyak ikan yang mengapung karena telah mati. Mengapa ikan-ikan di sekitar alat penyetrum bisa mati? Apakah air sungai dapat menghantarkan arus listrik? Tahukah Anda mengapa limbah cair maupun padat yang berasal dari rumah tangga ataupun industri dapat diuraikan oleh mikroorganisme? Bagaimana cara mikroorganisme menguraikan/membusukkan limbah-limbah tersebut? Pe-nasaran ingin tahu jawaban dari pertanyaan-pertanyaan tersebut, ikuti pembahasan berikut ini.

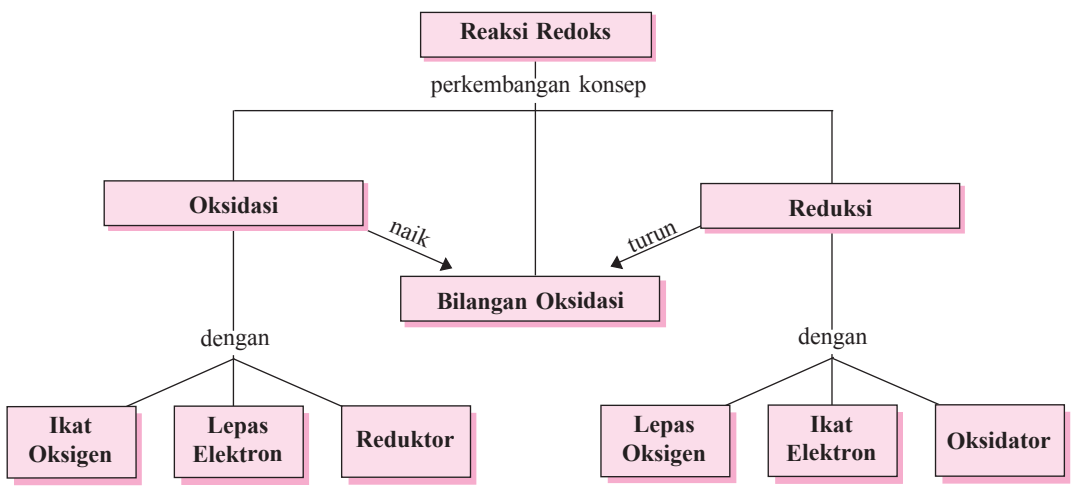
Dalam bab ini Anda akan mempelajari tentang daya hantar listrik larutan elektrolit dan nonelektrolit, konsep reaksi redoks dan penerapannya dalam proses pengolahan limbah dengan metode lumpur aktif.

Peta Konsep

A. Larutan Elektrolit - Nonelektrolit



B. Konsep Redoks



4.1 Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit

A. Penggolongan Larutan Berdasarkan Daya Hantar Listrik

Beberapa waktu yang lalu di awal tahun 2007, ibukota Jakarta ditimpa musibah banjir karena curah hujan yang sangat tinggi sehingga banyak menenggelamkan perumahan penduduk. Mensikapi kondisi banjir yang lumayan tinggi tersebut, pihak PLN segera mengambil tindakan cepat dengan segera memutuskan aliran listrik yang menuju ke arah transformeter (trafo) yang terendam air banjir. Tahukah Anda mengapa pihak PLN mengambil tindakan tersebut? Apakah air dapat menghantarkan arus listrik sehingga dapat membahayakan penduduk? Menurut pemikiran Anda, kira-kira kriteria air (larutan) yang bagaimana yang dapat menghantarkan arus listrik? Apakah semua larutan dapat menghantarkan arus listrik?

Untuk mengetahui jawaban dari pertanyaan-pertanyaan di atas, coba Anda perhatikan data ekperimen uji daya hantar listrik terhadap beberapa larutan di bawah ini.

Tabel 4.1 Data Eksperimen Uji Daya Hantar Listrik Beberapa Larutan

No.	Larutan yang Diuji	Rumus Kimia	Pengamatan	
			Nyala Lampu	Elektrode
1.	Asam sulfat	H_2SO_4	menyala terang	ada gelembung gas
2.	Natrium hidroksida	NaOH	menyala terang	ada gelembung gas
3.	Asam cuka	CH_3COOH	tidak menyala	ada gelembung gas
4.	Amonium hidroksida	NH_4OH	tidak menyala	ada gelembung gas
5.	Larutan gula	$C_{12}H_{22}O_{11}$	tidak menyala	tidak ada gelembung
6.	Larutan urea	$CO(NH_2)_2$	tidak menyala	tidak ada gelembung
7.	Garam dapur	NaCl	menyala terang	ada gelembung gas

Dari data tabel 4.1, tampak bahwa:

1. Arus listrik yang melalui larutan asam sulfat, natrium hidroksida, dan garam dapur dapat menyebabkan lampu menyala terang dan timbul gas di sekitar elektrode. Hal ini menunjukkan bahwa larutan asam sulfat, natrium hidroksida, dan garam dapur memiliki daya hantar listrik yang baik.
2. Arus listrik yang melalui larutan asam cuka dan amonium hidroksida menyebabkan lampu tidak menyala, tetapi pada elektrode timbul gas. Hal ini menunjukkan bahwa larutan asam cuka dan amonium hidroksida memiliki daya hantar listrik yang lemah.
3. Arus listrik yang melalui larutan gula dan larutan urea tidak mampu menyalakan lampu dan juga tidak timbul gas pada elektrode. Hal ini menunjukkan bahwa larutan gula dan larutan urea tidak dapat menghantarkan listrik.

Berdasarkan keterangan di atas, maka larutan dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

1. Larutan yang dapat menghantarkan arus listrik, disebut *larutan elektrolit*.
 Contoh: larutan asam sulfat, natrium hidroksida, garam dapur, asam cuka, dan amonium hidroksida.
2. Larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik, disebut *larutan nonelektrolit*.
 Contoh: larutan gula dan larutan urea.

Untuk semakin memahami daya hantar listrik beberapa larutan, lakukan kegiatan eksperimen berikut.

Tugas Kelompok

Bentuklah kelompok kerja yang masing-masing kelompok beranggotakan 3 orang siswa, kemudian lakukan eksperimen di bawah ini secara berkelompok. Setelah selesai melakukan eksperimen, diskusikan hasil pengamatan yang diperoleh dan jawablah pertanyaan yang diberikan.

Uji Daya Hantar Listrik

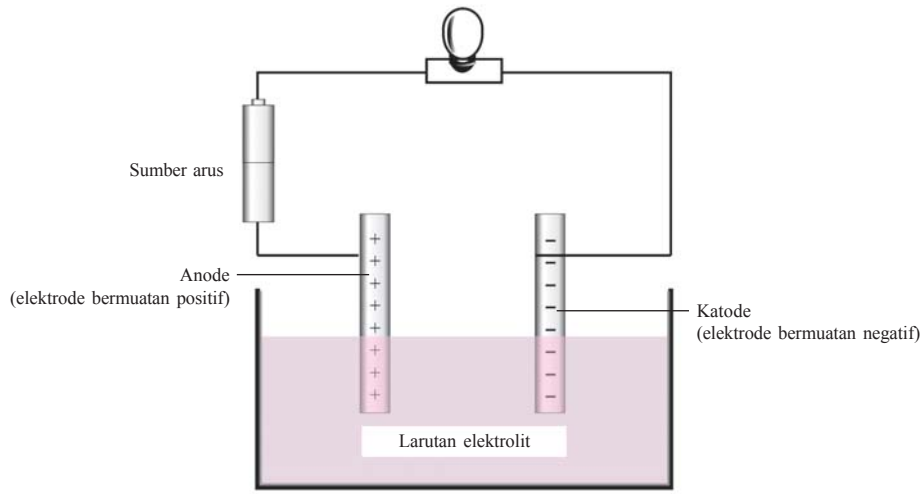
Tujuan:
Setelah melakukan eksperimen ini, Anda diharapkan:
1. Terampil merangkai alat uji daya hantar listrik larutan.
2. Dapat melakukan pengamatan gejala hantaran arus listrik pada beberapa larutan.
3. Dapat membedakan antara larutan elektrolit dan nonelektrolit.
4. Dapat menjelaskan pengertian larutan elektrolit dan nonelektrolit.

Alat dan bahan:
1. batu baterai (sumber arus)
2. bola lampu 5 watt
3. kabel
4. elektode karbon
5. beberapa macam larutan

Prosedur eksperimen:
1. Rangkailah alat uji daya hantar listrik sehingga dapat berfungsi dengan baik!
2. Ambillah masing-masing 50 mL larutan yang akan diuji daya hantarnya dan masukkan ke dalam gelas kimia yang telah diberi label!

No.	Jenis Larutan	Rumus Kimia
a.	Larutan asam sulfat 0,1 *M*	H_2SO_4
b.	Larutan garam dapur	NaCl
c.	Larutan asam cuka 0,1 *M*	CH_3COOH
d.	Air sumur	H_2O
e.	Larutan kalsium hidroksida 0,1 *M*	$Ca(OH)_2$
f.	Air jeruk	-
g.	Larutan gula	$C_6H_{12}O_6$
h.	Air hujan	H_2O
i.	Larutan asam klorida 0,1 *M*	HCl
j.	Larutan amonium hidroksida 0,1 *M*	NH_4OH

3. Ujilah daya hantar listrik masing-masing larutan tersebut dengan cara mencelupkan kedua elektrode karbon ke dalam larutan uji secara bergantian!
 Perhatian: Setiap akan mengganti larutan yang diukur daya hantar listriknya, elektrode karbon harus terlebih dahulu dicuci sampai bersih agar data eksperimen tidak bias (valid).
4. Amati perubahan yang terjadi pada lampu dan batang elektrode. Catatlah hasil pengamatan pada tabel pengamatan!



Gambar 4.1 Susunan alat uji daya hantar listrik

Pertanyaan:
1. Dari hasil eksperimen, sebutkan larutan yang bersifat elektrolit dan nonelektrolit!
2. Kelompokkan larutan uji berdasarkan nyala lampu dan pengamatan elektrode dalam kategori: kelompok menyala terang dan timbul gelembung gas, menyala redup dan timbul gelembung gas, tidak menyala tetapi timbul gelembung gas, serta tidak menyala dan tidak timbul gelemgung gas. Kesimpulan apa yang dapat Anda ambil?
3. Berdasarkan rumus kimia larutan uji di atas, larutan manakah yang termasuk golongan:
 a. senyawa ion
 b. senyawa kovalen
4. Buatlah hubungan relasi antara jawaban pertanyaan nomor 2 dengan jawaban pertanyaan nomor 3, kemudian simpulkan dan carilah di literatur-literatur kimia, mengapa bisa seperti itu?

Latihan 4.1

1. Apa dasar pengelompokan larutan menjadi larutan elektrolit dan nonelektrolit?
2. Jelaskan ciri-ciri suatu larutan dikategorikan sebagai larutan elektrolit!
3. Menurut analisis kelompok Anda, air hujan termasuk larutan elektrolit atau non-elektrolit? Jelaskan penyebabnya?

Kimia di Sekitar Kita

Tips Membuat Baterai yang Sederhana dan Murah

Tahukah Anda bahwa sebuah baterai sederhana yang menghasilkan arus listrik dalam jumlah yang aman dapat dibuat dari sebuah jeruk lemon, klip kertas yang terbuat dari baja, dan paku pines kuningan. Tidak percaya? Bagaimana cara membuatnya? Caranya sangat sederhana dan dapat Anda lakukan sendiri-sendiri dengan mudah karena tidak memerlukan banyak peralatan dan prosedur yang rumit. Belahlah sebuah jeruk lemon, kemudian tancapkan sebuah paku pines dan klip kertas ke dalam jeruk lemon yang telah dibelah tadi. Pines dan klip harus ditancapkan sedekat mungkin tetapi tidak sampai bersentuhan. Hati-hati jangan sampai ada cairan jeruk yang ada di atas paku pines maupun klip. Basahi lidah Anda dengan air liur dan tempelkan sedikit ujung lidah di atas paku pines dan klip. Sensasi rasa yang timbul diakibatkan oleh sejumlah kecil arus listrik sebagai hasil dari elektrolit dalam air liur di lidah.

Bagaimana, mudah kan? Coba praktikkan di kelas masing-masing bersama kelompok kerja Anda.

Sumber: Janice Van Cleave. 2003. *A+ Proyek-proyek Kimia.* Terjemahan oleh Wasi Dewanto. Bandung: Pakar Raya.

B. Teori Ion Svante August Arrhenius

Mengapa larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik, sedangkan larutan nonelektrolit tidak dapat menghantarkan arus listrik?

Penjelasan tentang permasalahan di atas pertama kali dikemukakan oleh **Svante August Arrhenius** (1859 – 1927) dari Swedia saat presentasi disertasi PhD-nya di Universitas Uppsala tahun 1884. Menurut Arrhenius, zat elektrolit dalam larutannya akan terurai menjadi partikel-partikel yang berupa atom atau gugus atom yang bermuatan listrik yang dinamakan *ion*. Ion yang bermuatan positif disebut *kation*, dan ion yang bermuatan negatif dinamakan *anion.* Peristiwa terurainya suatu elektrolit menjadi ion-ionnya disebut *proses ionisasi*. Ion-ion zat elektrolit tersebut selalu bergerak bebas dan ion-ion inilah yang sebenarnya menghantarkan arus listrik melalui larutannya. Sedangkan zat nonelektrolit ketika dilarutkan dalam air tidak terurai menjadi ion-ion, tetapi tetap dalam bentuk molekul yang tidak bermuatan listrik. Hal inilah yang menyebabkan larutan nonelektrolit tidak dapat menghantarkan listrik.

Dari penjelasan di atas, maka dapat disimpulkan:

1. Larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik karena zat elektrolit dalam larutannya terurai menjadi ion-ion bermuatan listrik dan ion-ion tersebut selalu bergerak bebas.

2. Larutan nonelektrolit tidak dapat menghantarkan arus listrik karena zat nonelektrolit dalam larutannya tidak terurai menjadi ion-ion, tetapi tetap dalam bentuk molekul yang tidak bermuatan listrik.

Zat elektrolit adalah zat yang dalam bentuk larutannya dapat menghantarkan arus listrik karena telah terionisasi menjadi ion-ion bermuatan listrik.

Zat nonelektrolit adalah zat yang dalam bentuk larutannya tidak dapat menghantarkan arus listrik karena tidak terionisasi menjadi ion-ion, tetapi tetap dalam bentuk molekul.

Latihan 4.2

1. Mengapa larutan elektrolit dapat menghantarkan listrik, sedang larutan nonelektrolit tidak dapat?
2. Mengapa ion-ion dalam larutan elektrolit dikatakan dapat menghantarkan listrik?
3. Mengapa ion-ion bermuatan listrik, padahal atom bersifat netral?

C. Elektrolit Kuat dan Elektrolit Lemah

Berdasarkan kuat-lemahnya daya hantar listrik, larutan elektrolit dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

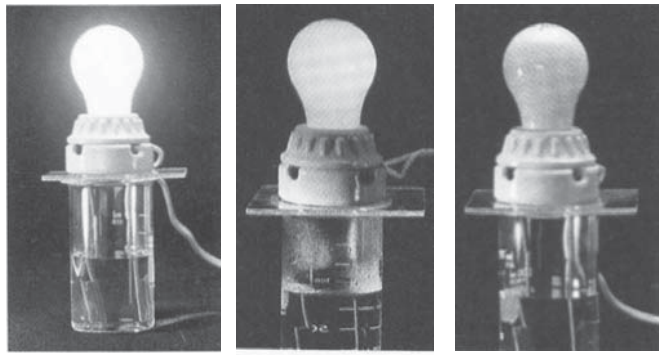
a. *Larutan elektrolit kuat*, yaitu larutan elektrolit yang mengalami ionisasi sempurna.
Indikator pengamatan: lampu menyala terang dan timbul gelembung gas pada elektrode.
Contoh: larutan H_2SO_4, larutan NaOH, dan larutan NaCl.

b. *Larutan elektrolit lemah*, yaitu larutan elektrolit yang mengalami sedikit ionisasi (terion tidak sempurna).
Indikator pengamatan: lampu tidak menyala atau menyala redup dan timbul gelembung gas pada elektrode.
Contoh: larutan CH_3COOH dan larutan NH_4OH.

Secara umum, perbedaan antara larutan elektrolit kuat dan elektrolit lemah dapat disimpulkan sebagai berikut.

Tabel 4.2 Perbedaan Larutan Elektrolit Kuat dan Elektrolit Lemah

No.	Elektrolit Kuat	Elektrolit Lemah
1.	Dalam larutan terionisasi sempurna	Dalam larutan terionisasi sebagian
2.	Jumlah ion dalam larutan sangat banyak	Jumlah ion dalam larutan sedikit
3.	Menunjukkan daya hantar listrik yang kuat	Menunjukkan daya hantar listrik yang lemah
4.	Derajat ionisasi mendekati 1($\alpha \cong 1$)	Derajat ionisasi kurang dari 1 ($\alpha < 1$)



(a) (b) (c)

Gambar 4.2(a) Larutan elektrolit kuat (lampu menyala terang), (b) larutan elektrolit lemah (lampu menyala redup), dan (c) larutan nonelektrolit (lampu tidak menyala)

Latihan 4.3

1. Apa yang dimaksud dengan derajat ionisasi?
2. Menurut analisis Anda, air buah jeruk itu dapat menghantarkan listrik atau tidak? Jika seandainya dapat menghantarkan listrik, kira-kira termasuk elektrolit kuat atau elektrolit lemah? Jelaskan alasannya!

D. Reaksi Ionisasi Larutan Elektrolit

Berdasarkan keterangan sebelumnya telah kita ketahui bersama bahwa larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik karena dapat mengalami reaksi ionisasi menjadi ion-ion bermuatan listrik, sedangkan larutan nonelektrolit tidak mengalami reaksi ionisasi menjadi ion-ion bermuatan listrik. Pertanyaan yang timbul sekarang adalah bagaimana cara menuliskan reaksi ionisasi larutan elektrolit? Silakan mengikuti pedoman penulisan reaksi ionisasi berikut ini.

Kita dapat dengan mudah menuliskan reaksi ionisasi suatu larutan elektrolit hanya dengan mengikuti pedoman penulisan reaksi ionisasi larutan elektrolit. Anda harus memahami pedoman tersebut jika ingin bisa menuliskan reaksi ionisasinya.

Pedoman penulisan reaksi ionisasi sebagai berikut.

1. Elektrolit Kuat

a. Asam kuat

$$H_xZ\,(aq) \longrightarrow x\,H^+(aq) + Z^{x-}(aq)$$

Contoh:
- $HCl(aq) \longrightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq)$
- $H_2SO_4(aq) \longrightarrow 2\,H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$
- $HNO_3(aq) \longrightarrow H^+(aq) + NO_3^-(aq)$

b. Basa kuat

$M(OH)_x(aq) \longrightarrow M^{x+}(aq) + x\ OH^-(aq)$

Contoh:
- $NaOH(aq) \longrightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq)$
- $Ba(OH)_2(aq) \longrightarrow Ba^{2+}(aq) + 2\ OH^-(aq)$
- $Ca(OH)_2(aq) \longrightarrow Ca^{2+}(aq) + 2\ OH^-(aq)$

c. Garam

$M_xZ_y(aq) \longrightarrow x\ M^{y+}(aq) + y\ Z^{x-}(aq)$

Contoh:
- $NaCl(aq) \longrightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq)$
- $Na_2SO_4(aq) \longrightarrow 2\ Na^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$
- $Al_2(SO_4)_3(aq) \longrightarrow 2\ Al^{3+}(aq) + 3SO_4^{2-}(aq)$

2. Elektrolit Lemah

a. Asam lemah

$H_xZ(aq) \rightleftharpoons x\ H^+(aq) + Z^{x-}(aq)$

Contoh:
- $CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$
- $H_2SO_3(aq) \rightleftharpoons 2\ H^+(aq) + SO_3^{2-}(aq)$
- $H_3PO_4(aq) \rightleftharpoons 3\ H^+(aq) + PO_4^-(aq)$

b. Basa lemah

$M(OH)_x(aq) \rightleftharpoons M^{x+}(aq) + x\ OH^-(aq)$

Contoh:
- $NH_4OH(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$
- $Al(OH)_3(aq) \rightleftharpoons Al^{3+}(aq) + 3\ OH^-(aq)$
- $Fe(OH)_2(aq) \rightleftharpoons Fe^{2+}(aq) + 2\ OH^-(aq)$

Latihan 4.4

Tuliskan reaksi ionisasi dari senyawa-senyawa berikut.

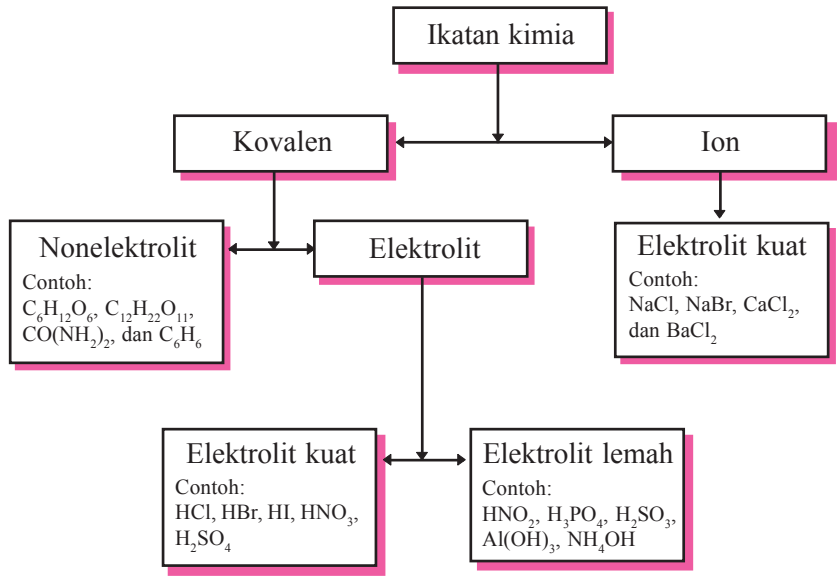
a. HNO_3
b. H_3PO_4
c. $FeCl_3$
d. $Al(OH)_3$
e. $BaCl_2$
f. $NaNO_3$
g. H_2S
h. H_2SO_3
i. $CaCO_3$
j. $Mg(NO_2)_2$
k. $Sr(OH)_2$
l. KI

E. Senyawa Ionik dan Senyawa Kovalen Polar

Pada pelajaran ikatan kimia telah dipelajari bahwa berdasarkan jenis ikatannya, senyawa kimia dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu senyawa ionik dan senyawa kovalen. Masih ingatkah Anda apa yang dimaksud dengan senyawa ionik dan senyawa kovalen? Sekarang perhatikan kembali data eksperimen uji daya hantar listrik beberapa larutan di halaman depan!

Dari tabel 4.1 diketahui bahwa larutan H_2SO_4, NaOH, CH_3COOH, NH_4OH, dan NaCl termasuk larutan elektrolit. Padahal telah diketahui bahwa NaCl adalah senyawa yang berikatan ion (senyawa ionik), sedangkan HCl, H_2SO_4, CH_3COOH, dan NH_4OH adalah kelompok senyawa yang berikatan kovalen (senyawa kovalen). Senyawa kovalen yang dapat menghantarkan listrik disebut *senyawa kovalen polar*.

Jadi, dapat disimpulkan bahwa larutan elektrolit ditinjau dari jenis ikatan kimia senyawanya dapat berupa senyawa ion dan senyawa kovalen polar. Untuk lebih jelas lagi tentang hubungan sifat elektrolit dengan ikatan kimia, silakan perhatikan bagan berikut (gambar 4.3).



Gambar 4.3 Bagan hubungan sifat elektrolit dengan ikatan kimia

Tugas Individu

1. Buatlah makalah tentang aplikasi penggunaan konsep larutan elektrolit dan nonelektrolit dalam teknologi sumber energi listrik alternatif!
2. Sekarang ini sel baterai untuk keperluan peralatan elektronik telah dibuat semakin canggih dan berukuran kecil. Carilah artikel di berbagai sumber pustaka (majalah, buku, internet) tentang teknologi pembuatan sel baterai!

Tugas Kelompok

Jumlah ion dalam sebuah larutan berbanding langsung dengan kemampuan larutan menghantarkan arus listrik (konduktivitas). Jadi semakin banyak jumlah ion, maka semakin terang nyala lampu.

1. Buatlah rancangan eksperimen yang lebih sederhana menurut imajinasi Anda dengan menggunakan bahan-bahan yang murah, tidak terpakai, dan tersedia di lingkungan sekitar. Lakukan lagi eksperimen uji daya hantar listrik larutan dengan memanfaatkan larutan-larutan yang biasa ada di sekitar lingkungan Anda. Bandingkan kekuatan elektrolitik setiap larutan dengan membandingkan intensitas cahaya lampu dan timbulnya gelembung gas di sekitar elektrode.
2. Buatlah poster untuk pameran lomba karya ilmiah tentang eksperimen hasil kerja kelompok Anda, kemudian pajanglah di ruang pameran karya siswa di sekolah Anda!

 Cara membuat poster yang baik untuk lomba karya ilmiah dapat Anda tanyakan ke guru kimia yang mengajar.

Latihan 4.5

1. Jelaskan pengertian larutan elektrolit!
2. Jelaskan perbedaan zat elektrolit dan zat nonelektrolit, sebutkan masing-masing contohnya!
3. Jelaskan macam-macam larutan elektrolit!
4. Sebutkan contoh larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit!
5. Jelaskan perbedaan indikator larutan elektrolit dan nonelektrolit!
6. Jelaskan perbedaan larutan elektrolit kuat dan elektrolit lemah beserta contohnya masing-masing!
7. Mengapa larutan asam klorida murni tidak dapat menghantarkan arus listrik?
8. Tulislah reaksi ionisasi zat-zat berikut.
 a. H_2SO_4
 b. H_3PO_4
 c. $Mg(NO_3)_2$
 d. CH_3COOH
 e. CuS
 f. $(NH_4)_2CO_3$
 g. KCl
 h. $Ba(OH)_2$
 i. Ag_2O
 j. $Hg_3(PO_4)_2$

4.2 Konsep Reaksi Oksidasi-Reduksi (Redoks)

Jika sepotong besi diletakkan di udara terbuka, ternyata lama-kelamaan logam besi tersebut berkarat. Mengapa logam besi dapat berkarat dan reaksi apa yang terjadi pada logam besi tersebut? Peristiwa perkaratan besi merupakan salah satu contoh dari reaksi reduksi-oksidasi (redoks). Lalu apa yang dimaksud dengan reaksi redoks? Ikuti pembahasan berikut ini.

A. Perkembangan Konsep Reaksi Reduksi-Oksidasi

Pengertian konsep reaksi reduksi-oksidasi telah mengalami tiga tahap perkembangan sebagai berikut.

1. Berdasarkan Pengikatan dan Pelepasan Oksigen

a. *Reduksi* adalah reaksi pelepasan oksigen dari suatu senyawa.
Reduktor adalah:
1) Zat yang menarik oksigen pada reaksi reduksi.
2) Zat yang mengalami reaksi oksidasi.
Contoh:
1) Reduksi Fe_2O_3 oleh CO

$$Fe_2O_3 + 3\,CO \longrightarrow 2\,Fe + 3\,CO_2$$

2) Reduksi Cr_2O_3 oleh Al

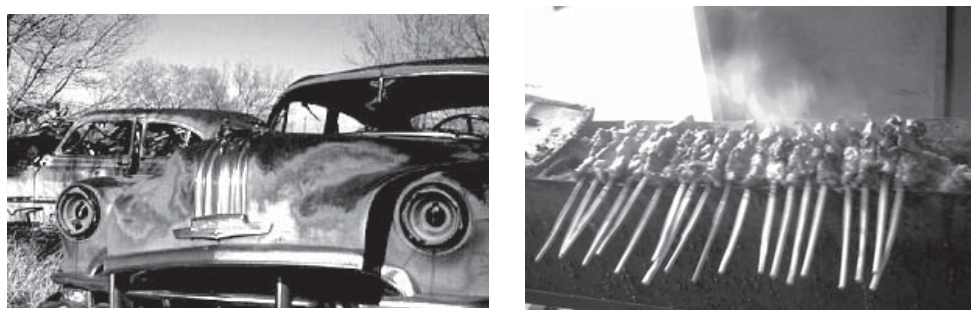
$$Cr_2O_3 + 2\,Al \longrightarrow 2\,Cr + Al_2O_3$$

b. *Oksidasi* adalah reaksi pengikatan (penggabungan) oksigen oleh suatu zat.
Oksidator adalah:
1) Sumber oksigen pada reaksi oksidasi.
2) Zat yang mengalami reduksi.
Contoh:
1) Oksidasi Fe oleh O_2

$$4\,Fe + 3\,O_2 \longrightarrow 2\,Fe_2O_3$$

2) Pemangggangan ZnS

$$2\,ZnS + 3\,O_2 \longrightarrow 2\,ZnO + 2\,SO_2$$



Gambar 4.4 Besi berkarat (Fe_2O_3) dan sate dibakar adalah contoh reaksi pengikatan oksigen

2. Berdasarkan Pengikatan dan Pelepasan Elektron

a. *Reduksi* adalah reaksi pengikatan elektron.
Reduktor adalah:
1) Zat yang melepaskan elektron.
2) Zat yang mengalami oksidasi.
Contoh:
1) $Cl_2 + 2\ e^- \longrightarrow 2\ Cl^-$
2) $Ca^{2+} + 2\ e^- \longrightarrow Ca$

b. *Oksidasi* adalah reaksi pelepasan elektron.
Oksidator adalah:
1) Zat yang mengikat elektron.
2) Zat yang mengalami reduksi.
Contoh:
1) $K \longrightarrow K^+ + e^-$
2) $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2\ e^-$

3. Berdasarkan Pertambahan dan Penurunan Bilangan Oksidasi

a. *Reduksi* adalah reaksi penurunan bilangan oksidasi.
Reduktor adalah:
1) Zat yang mereduksi zat lain dalam reaksi redoks.
2) Zat yang mengalami oksidasi.
Contoh:
$2\ SO_3 \longrightarrow 2\ SO_2 + O_2$
Bilangan oksidasi S dalam SO_3 adalah +6 sedangkan pada SO_2 adalah +4. Karena unsur S mengalami penurunan bilangan oksidasi, yaitu dari +6 menjadi +4, maka SO_3 mengalami reaksi reduksi. Oksidatornya adalah SO_3 dan zat hasil reduksi adalah SO_2.

b. *Oksidasi* adalah reaksi pertambahan bilangan oksidasi.
Oksidator adalah:
1) Zat yang mengoksidasi zat lain dalam reaksi redoks.
2) Zat yang mengalami reaksi reduksi.
Contoh:
$4\ FeO + O_2 \longrightarrow 2\ Fe_2O_3$
Bilangan oksidasi Fe dalam FeO adalah +2, sedangkan dalam Fe_2O_3 adalah +3. Karena unsur Fe mengalami kenaikan bilangan oksidasi, yaitu dari +2 menjadi +3, maka FeO mengalami reaksi oksidasi. Reduktornya adalah FeO dan zat hasil oksidasi adalah Fe_2O_3.

(James E. Brady, 1999)

Jika suatu reaksi kimia mengalami reaksi reduksi dan oksidasi sekaligus dalam satu reaksi, maka reaksi tersebut disebut *reaksi reduksi-oksidasi* atau *reaksi redoks.* Contoh:

a. $4\ FeO + O_2 \longrightarrow 2\ Fe_2O_3$ (bukan reaksi redoks)
b. $Fe_2O_3 + 3\ CO \longrightarrow 2\ Fe + 3\ CO_2$ (reaksi redoks)

Latihan 4.6

1. Jelaskan pengertian reaksi redoks menurut tiga konsep perkembangannya!
2. Kapan suatu reaksi dikatakan mengalami reduksi dan kapan mengalami oksidasi? Berikan masing-masing contoh reaksinya!

Tugas Kelompok

Carilah sebanyak-banyaknya contoh reaksi kimia di kehidupan sehari-hari yang merupakan reaksi reduksi-oksidasi!

B Bilangan Oksidasi

Pada pelajaran sebelumnya kita sudah mempelajari perkembangan konsep reaksi redoks, salah satunya adalah reaksi kenaikan dan penurunan bilangan oksidasi. Apa yang dimaksud bilangan oksidasi dan bagaimana cara kita menentukannya?

1. Pengertian Bilangan Oksidasi

Bilangan oksidasi adalah suatu bilangan yang menunjukkan ukuran kemampuan suatu atom untuk melepas atau menangkap elektron dalam pembentukan suatu senyawa.

Nilai bilangan oksidasi menunjukkan banyaknya elektron yang dilepas atau ditangkap, sehingga bilangan oksidasi dapat bertanda positif maupun negatif.

2. Penentuan Bilangan Oksidasi Suatu Unsur

Kita dapat menentukan besarnya bilangan oksidasi suatu unsur dalam senyawa dengan mengikuti aturan berikut ini (James E. Brady, 1999).
Aturan penentuan bilangan oksidasi unsur adalah:

a. Unsur bebas (misalnya H_2, O_2, N_2, Fe, dan Cu) mempunyai bilangan oksidasi = 0.
b. Umumnya unsur H mempunyai bilangan oksidasi = +1, *kecuali* dalam senyawa hidrida, bilangan oksidasi H = –1.
 Contoh: - Bilangan oksidasi H dalam H_2O, HCl, dan NH_3 adalah +1
 - Bilangan oksidasi H dalam LiH, NaH, dan CaH_2 adalah –1
c. Umumnya unsur O mempunyai bilangan oksidasi = –2, *kecuali* dalam senyawa peroksida, bilangan oksidasi O = –1
 Contoh: - Bilangan oksidasi O dalam H_2O, CaO, dan Na_2O adalah –2
 - Bilangan oksidasi O dalam H_2O_2, Na_2O_2 adalah –1
d. Unsur F selalu mempunyai bilangan oksidasi = –1.
e. Unsur logam mempunyai bilangan oksidasi selalu bertanda positif.
 Contoh: - Golongan IA (logam alkali: Li, Na, K, Rb, dan Cs) bilangan oksidasinya = +1

- Golongan IIA (alkali tanah: Be, Mg, Ca, Sr, dan Ba) bilangan oksidasinya = +2

f. Bilangan oksidasi ion tunggal = muatannya.
Contoh: Bilangan oksidasi Fe dalam ion Fe^{2+} adalah +2

g. Jumlah bilangan oksidasi unsur-unsur dalam senyawa = 0.
Contoh: - Dalam senyawa H_2CO_3 berlaku:
2 biloks H + 1 biloks C + 3 biloks O = 0

h. Jumlah bilangan oksidasi unsur-unsur dalam ion poliatom = muatan ion.
Contoh: - Dalam ion NH_4^+ berlaku 1 biloks N + 4 biloks H = + 1

Contoh 4.1

Tentukan bilangan oksidasi unsur yang digarisbawahi pada senyawa berikut.
a. $\underline{Fe}_2O_3$ b. $H_2\underline{O}_2$ c. $\underline{Mn}O_4^-$

Jawab:

a. $\underline{Fe}_2O_3$
bilangan oksidasi O = –2 (aturan c)
2 biloks Fe + 3 biloks O = 0
2 biloks Fe + 3(–2) = 0
2 biloks Fe – 6 = 0
2 biloks Fe = +6
biloks Fe $= \frac{+6}{2}$
biloks Fe = +3

b. $H_2\underline{O}_2$
biloks H = +1 (aturan b)
2 biloks H + 2 biloks O = 0
2(+1) + 2 biloks O = 0
+2 + 2 biloks O = 0
2 biloks O = –2
biloks O = –1

c. $\underline{Mn}O_4^-$
biloks O = –2 (aturan c)
biloks Mn + 4 biloks O = –1 (aturan h)
biloks Mn + 4(–2) = –1
biloks Mn – 8 = –1
biloks Mn = –1 + 8
biloks Mn = +7

Latihan 4.7

Tentukan bilangan oksidasi unsur yang digarisbawahi pada senyawa berikut.
a. $\underline{N}H_4^+$
b. $H_3\underline{P}O_4$
c. $Cu(\underline{N}O_3)_2$
d. $\underline{N}H_4\underline{N}O_2$

Contoh 4.2

Periksalah reaksi berikut ini tergolong reaksi redoks atau bukan.

a. $CaCO_3 + 2\ HCl \longrightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O$

b. $Zn + 2\ HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2$

Jawab:

a. $\overset{+2+4-2}{CaCO_3} + \overset{1-1}{2\ HCl} \longrightarrow \overset{+2\ -1}{CaCl_2} + \overset{+4\ -2}{CO_2} + \overset{+1\ -2}{H_2O}$

Karena tidak ada unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi, maka reaksi tersebut bukan reaksi redoks.

b. $\overset{0}{Zn} + 2\ \overset{+1-1}{HCl} \longrightarrow \overset{+2\ -1}{ZnCl_2} + \overset{0}{H_2}$

Termasuk reaksi redoks.

Latihan 4.8

1. Tentukan bilangan oksidasi unsur yang digarisbawahi!
 a. $H\underline{N}O_3$
 b. $\underline{Cu}Cl_2$
 c. $Ca\underline{C}O_3$
 d. $H_2\underline{S}$
 e. $\underline{Fe}Cl_3$
 f. $\underline{Ag}_2O$
 g. $\underline{Mg}_3(\underline{P}O_4)_2$
 h. $Na_2\underline{S}_2O_3$
 i. $K_2\underline{Cr}_2O_7$
 j. $K\underline{Mn}O_4$
2. Tentukan reaksi berikut tergolong reaksi redoks atau bukan redoks!
 a. $2\ NaOH + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + 2\ H_2O$
 b. $2\ Fe + 6\ HCl \longrightarrow 2\ FeCl_3 + 3\ H_2$
 c. $Pb(NO_3)_2 + 2\ KI \longrightarrow PbI_2 + 2\ KNO_3$
 d. $I_2 + H_2S \longrightarrow 2\ HI + S$
3. Tentukan oksidator, reduktor, hasil oksidasi, dan hasil reduksi pada reaksi redoks berikut.
 a. $Cl_2 + SO_2 + 2\ H_2O \longrightarrow 2\ HCl + H_2SO_4$
 b. $2\ Na_2S_2O_3 + I_2 \longrightarrow 2\ NaI + Na_2S_4O_6$
 c. $ZnS + 2\ HNO_3 \longrightarrow ZnSO_4 + N_2O + H_2O$
 d. $CuO + H_2 \longrightarrow Cu + H_2O$

C. Reaksi Autoredoks (Reaksi Disproporsionasi)

Mungkinkah dalam satu reaksi, suatu unsur mengalami reaksi reduksi dan oksidasi sekaligus? Satu unsur dalam suatu reaksi mungkin saja mengalami reaksi reduksi dan oksidasi sekaligus. Hal ini karena ada unsur yang mempunyai bilangan oksidasi lebih dari satu jenis.

Reaksi redoks di mana satu unsur mengalami reaksi reduksi dan oksidasi sekaligus disebut *reaksi autoredoks* (*reaksi disproporsionasi*).

Contoh:

$$\overset{0}{Cl_2} + 2\,KOH \longrightarrow \overset{-1}{KCl} + \overset{+1}{KClO} + H_2O$$

reduksi

oksidasi

Contoh 4.3

Apakah reaksi berikut termasuk reaksi autoredoks atau bukan? Jelaskan!

$$2\,H_2S + SO_2 \longrightarrow 3\,S + 2\,H_2O$$

Jawab:

Perubahan bilangan oksidasi unsur-unsur pada reaksi tersebut sebagai berikut.

$$\overset{-2}{2\,H_2S} + \overset{+4}{SO_2} \longrightarrow \overset{0}{3\,S} + 2\,H_2O$$

reduksi

oksidasi

Pada reaksi tersebut, H_2S berfungsi sebagai reduktor sedangkan SO_2 berfungsi sebagai oksidator, sehingga reaksi tersebut termasuk autoredoks.

Latihan 4.9

1. Periksalah reaksi berikut ini tergolong reaksi redoks atau bukan.
 a. $Fe_2O_3 + 3\,H_2SO_4 \longrightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 3\,H_2O$
 b. $2\,K_2CrO_4 + H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + K_2Cr_2O_7 + H_2O$
2. Apakah reaksi berikut tergolong reaksi autoredoks atau bukan? Jelaskan!

 $Cl_2 + 2\,OH^- \longrightarrow Cl^- + ClO^- + H_2O$

D. Tata Nama Senyawa Berdasarkan Bilangan Oksidasi

Pada semester I telah kita pelajari tata nama senyawa, sekarang akan kita pelajari tata nama senyawa alternatif menurut IUPAC berdasarkan bilangan oksidasi.

Perhatikan tabel berikut ini!

Tabel 4.3 Beberapa Senyawa dengan Nama Alternatif Berdasarkan Biloks

Rumus Kimia	Nama	Nama Alternatif Berdasarkan Biloks
N_2O	Dinitrogen monoksida	Nitrogen(I) oksida
N_2O_3	Dinitrogen trioksida	Nitrogen(III) oksida
HClO	Asam hipoklorit	Asam klorat(I)
$HClO_2$	Asam klorit	Asam klorat(III)
$HClO_3$	Asam klorat	Asam klorat(V)
$HClO_4$	Asam perklorat	Asam klorat(VII)

E. Penerapan Konsep Reaksi Redoks dalam Pengolahan Limbah (Lumpur Aktif)

Salah satu penerapan konsep reaksi redoks dalam kehidupan sehari-hari adalah dalam bidang pengolahan limbah. Prinsip dasar yang dipergunakan adalah teroksidasinya bahan-bahan organik maupun anorganik, sehingga lebih mudah diolah lebih lanjut.

Limbah merupakan salah satu pencemar lingkungan yang perlu dipikirkan cara-cara mengatasinya. Untuk menjaga dan mencegah lingkungan tercemar akibat akumulasi limbah yang semakin banyak, berbagai upaya telah banyak dilakukan untuk memperoleh teknik yang tepat dan efisien sesuai kondisi lokal.

Berbagai tipe penanganan limbah cair dengan melibatkan mikroorganisme telah dikerjakan di Indonesia, yaitu sedimentasi, kolam oksidasi, *trickling filter,* lumpur aktif (*activated sludge)*, dan *septic tank*. Pada uraian ini akan kita pelajari salah satu teknik saja, yaitu teknik lumpur aktif (*activated sludge).*

Proses lumpur aktif (*activated sludge)* merupakan sistem yang banyak dipakai untuk penanganan limbah cair secara aerobik. Lumpur aktif merupakan metode yang paling efektif untuk menyingkirkan bahan-bahan tersuspensi maupun terlarut dari air limbah. Lumpur aktif mengandung mikroorganisme aerobik yang dapat mencerna limbah mentah. Setelah limbah cair didiamkan di dalam tangki sedimentasi, limbah dialirkan ke tangki aerasi. Di dalam tangki aerasi, bakteri heterotrofik berkembang dengan pesatnya. Bakteri tersebut diaktifkan dengan adanya aliran udara (oksigen) untuk melakukan oksidasi bahan-bahan organik. Bakteri yang aktif dalam tangki aerasi adalah *Escherichia coli, Enterobacter, Sphaerotilus natans, Beggatoa, Achromobacter, Flavobacterium*, dan *Pseudomonas.* Bakter-bakteri tersebut membentuk gumpalan-gumpalan atau *flocs.* Gumpalan tersebut melayang yang kemudian mengapung di permukaaan limbah.

Kimia di Sekitar Kita

Aneka Cara Menghilangkan Zat Berbahaya dalam Air

Banyak teknologi digunakan untuk menghilangkan limbah organik dan non-organik pada air baku air minum. Teknologi yang biasa digunakan masyarakat, antara lain biofiltrasi, ultrafiltrasi, air heksagonal, ozon, dan sebagainya. Menurut ahli air, Arie Herlambang, ultrafiltrasi maupun ozon merupakan salah satu teknologi untuk mensterilkan air minum dari bahan-bahan organik dan nonorganik. ''Bakteri patogen, senyawa kimia dibunuh melalui sinar ultraviolet kemudian disempurnakan dengan ozon.'' Melalui teknologi ozon, pengeboran dilakukan sampai ditemukan air tanah. Kemudian alat produksi air bersih dipasangkan di dekat galian yang dilengkapi dengan selang dan pompa. Air tanah yang disedot ke atas langsung diproses melalui alat tersebut, kemudian melalui penyinaran sinar ultraviolet dan ozon.

Sedangkan air heksagonal yang saat ini dipasarkan di masyarakat merupakan teknologi air minum menggunakan gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik menghasilkan molekul air dengan rangkaian heksagonal (segi enam) yang identik dengan molekul cairan dalam sel tubuh. Para ahli terapi air berpendapat perbedaan rangkaian molekul mempengaruhi kemampuan penyerapan oleh sel tubuh. Rangkaian molekul mikroheksagonal mudah diserap, sehingga sangat bermanfaat untuk kesehatan. ''Namun, air heksagonal ini sangat tergantung dengan elektromagnetik. Apabila medan magnet rusak karena aus atau hal lain, tentunya air itu tidak bisa dibuat heksagonal. Untuk masyarakat padat seperti di Indonesia, teknologi ini kurang efisien,'' ujar Arie.

Teknologi lain adalah biofiltrasi, yaitu menggunakan alat biofiltrasi terbuat dari plastik berbentuk kubus. Alat ini merupakan lembaran-lembaran plastik bergelombang, kemudian disusun berlapis hingga tebal menyerupai kubus. Menurut Arie, untuk keperluan rumah tangga dibutuhkan satu kubik bioflitrasi. ''Biofiltrasi merupakan teknologi untuk menyaring limbah organik dan nonorganik yang larut di dalam air. Selama ini orang sibuk mematikan bakteri dan patogen lainnya dengan kaporit, klor, atau oksidator lainnya. Namun, senyawa kimia lainnya masih larut di dalam air. Besi, detergen, nitrit, THMs masih ada di dalam air bersih.'' Alat tersebut diletakkan di dalam sumber air. Saat air mengalir maka limbah-limbah organik dan nonorganik akan menempel ke biofiltrasi. Alat tersebut bisa digunakan sampai bertahun-tahun lamanya. ''Ini upaya untuk mengendalikan penggunaan klor berlebihan. Di samping itu, limbah organik ini nantinya berbentuk lumpur dan bisa dibersihkan suatu saat.''

Menurut Arie, saat ini instalasi air minum di Cilandak telah menggunakan biofiltrasi tersebut. Diakuinya, harga teknologi biofiltrasi bervariasi. Tergantung dari bahan dan bentuknya, mau yang seperti bola atau bantal. Harganya berkisar dari Rp800 ribu sampai Rp2,8 juta per kubiknya. Namun, biofiltrasi ini jauh lebih

aman dibandingkan penggunaan zat kimia sebagai oksidator untuk membunuh bakteri. Cara lain yang digunakan adalah menggunakan batu-batuan yang ditanam di pusat air dengan tujuan untuk menghambat limbah organik dan nonorganik masuk ke air minum. ''Kalau dulu orang memakai arang, tetapi ini sangat riskan. Arang mudah pecah dan larut. Sebaliknya batu lebih baik. Sebetulnya cara alamiah dengan menggunakan bahan alam jauh lebih aman bagi kesehatan,'' kata Nusa Idaman Said. (Nda/V-1)

Sumber: Media Indonesia Online (22/3/05)

Tugas Individu

Di daerah X timbul masalah yang meresahkan masyarakat sekitarnya berkaitan dengan pencemaran lingkungan. Di daerah tersebut terdapat banyak tumpukan sampah yang bermacam-macam jenis bercampur jadi satu yang tidak terurus, dan bahkan juga terdapat di sungai-sungai, sehingga menyebabkan air sungai tidak jernih dan berbau busuk serta alirannya tidak lancar.

Seandainya Anda seorang ilmuwan (*scienties*) yang peduli dengan lingkungan dan melihat fenomena seperti tersebut di atas, solusi apa yang dapat Anda usulkan agar lingkungan daerah tersebut menjadi bersih, nyaman, dan bebas polusi serta sampah-sampahnya menjadi sesuatu yang lebih berguna bagi penduduk sekitarnya.

Tugas Kelompok

Buatlah rancangan penelitian bersama kelompok kerja Anda, kemudian presentasikan di depan kelas secara bergantian. Manfaatkan berbagai sumber informasi yang ada, baik buku pelajaran, majalah ilmiah, artikel di internet, maupun tanya ke guru atau ahli-ahli lingkungan.

Rangkuman

1. Larutan merupakan campuran yang homogen antara zat terlarut dan pelarut.
2. Larutan yang dapat menghantarkan listrik disebut sebagai larutan elektrolit. Dalam larutan elektrolit terjadi peruraian ion-ion yang dapat bergerak bebas, sehingga mampu menghantarkan arus listrik.
3. Larutan elektrolit dibagi menjadi dua, yaitu elektrolit kuat dan elektrolit lemah. Keduanya berbeda dalam hal banyak sedikitnya menghasilkan ion.
4. Senyawa ion dalam larutannya dapat bersifat elektrolit lemah maupun kuat, sedangkan senyawa kovalen dalam larutan dapat bersifat nonelektrolit, elektrolit lemah, atau elektrolit kuat.
5. Konsep reaksi oksidasi-reduksi mengalami perkembangan mulai dari berdasar penerimaan dan pelepasan oksigen, penerimaan dan pelepasan elektron, serta perubahan bilangan oksidasi.
6. Reaksi redoks merupakan peristiwa oksidasi dan reduksi yang berlangsung bersamaan.
7. Pada reaksi redoks, oksidator adalah zat yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan zat ini sendiri mengalami reduksi. Sedangkan reduktor adalah zat yang dapat menyebabkan terjadinya reduksi dan zat ini sendiri mengalami oksidasi.
8. Reaksi redoks banyak berperan dalam kehidupan sehari-hari, salah satu contohnya adalah untuk mengatasi limbah industri dengan menggunakan metode lumpur aktif.

Uji Kompetensi

I. Berilah tanda silang (X) huruf A, B, C, D, atau E pada jawaban yang paling benar!

1. Elektrolit adalah
 A. zat yang menghantarkan arus listrik
 B. garam yang terionisasi menjadi kation dan anion
 C. larutan yang memerahkan lakmus biru
 D. larutan yang membirukan lakmus merah
 E. zat yang dalam larutannya dapat menghantarkan arus listrik
2. Larutan berikut adalah elektrolit, ***kecuali***
 A. NH_4OH
 B. Na_2CO_3
 C. $C_6H_{12}O_6$
 D. CH_3COOH
 E. $Ca(OH)_2$
3. Suatu larutan merupakan penghantar listrik yang baik, jika larutan tersebut mengandung
 A. ion-ion yang dapat bergerak bebas
 B. logam yang bersifat konduktor
 C. molekul-molekul zat terlarut
 D. pelarut yang bersifat polar
 E. elektron yang bebas bergerak
4. Berikut ini data pengamatan uji daya hantar listrik beberapa larutan.

Larutan	Nyala Lampu	Pengamatan pada Elektrode
P	-	ada gelembung gas
Q	terang	ada gelembung gas
R	-	ada gelembung gas
S	terang	ada gelembung gas
T	-	-
U	-	-
V	terang	ada gelembung gas
W	-	ada gelembung gas

 Yang tergolong elektrolit lemah adalah larutan dengan inisial huruf
 A. *P*, *Q*, dan *R*
 B. *R*, *S*, dan *T*
 C. *P*, *R*, dan *T*
 D. *U*, *V*, dan *W*
 E. *P*, *R*, dan *W*

5. Data eksperimen uji daya hantar listrik sebagai berikut.

Larutan	Nyala Lampu	Gelembung Gas pada Elektrode
1	terang	ada
2	tidak menyala	tidak ada
3	tidak menyala	ada
4	tidak menyala	tidak ada
5	terang	ada

Berdasarkan data di atas, yang merupakan larutan nonelektrolit adalah
A. 1 dan 5
B. 2 dan 3
C. 2 dan 4
D. 1 dan 4
E. 3 dan 5

6. Data uji elektrolit air dari berbagai sumber sebagai berikut.

No.	Jenis Air	Nyala Lampu	Kecepatan Timbul Gas
1.	Air sumur	-	lambat
2.	Air laut	terang	cepat
3.	Air sungai	-	agak cepat
4.	Air hujan	-	lambat

Pernyataan yang tepat untuk data di atas adalah
A. air laut tergolong elektrolit kuat
B. air sungai tergolong elektrolit paling lemah
C. daya hantar listrik air sungai lebih kecil dari air hujan
D. daya hantar listrik air hujan paling lemah
E. air dari berbagai sumber adalah elektrolit

7. Di antara zat elektrolit berikut, yang tergolong senyawa kovalen adalah
A. HBr
B. NaBr
C. KCl
D. $BaCl_2$
E. $CaCl_2$

8. Dari suatu eksperimen diperoleh data sebagai berikut.

Bahan	Rumus Kimia	Nyala Lampu
Hidrogen klorida, air	HCl	terang
Gula, air	$C_{12}H_{22}O_{11}$	tidak menyala
Asam cuka, air	CH_3COOH	menyala redup

Kekuatan elektrolit yang sesuai data di atas adalah
A. $CH_3COOH < C_{12}H_{22}O_{11}$
B. $C_{12}H_{22}O_{11} < HCl$
C. $HCl < CH_3COOH$
D. $CH_3COOH \geq C_{12}H_{22}O_{11}$
E. $CH_3COOH < HCl$

9. Kelompok senyawa yang masing-masing mempunyai ikatan ion adalah
A. SO_2, NO_2, dan CO_2
B. KOH, HCN, dan H_2S
C. NaCl, MgBr, dan K_2O
D. NH_3, H_2O, dan SO_3
E. HCl, NaI, dan CH_4

10. Harga keelektronegatifan beberapa unsur sebagai berikut.

Cl	Be	Mg	Ca	Sn	Ba
3,16	1,57	1,31	1,00	0,95	0,89

Berdasarkan data di atas, ditafsirkan bahwa ikatan ion paling lemah adalah
A. $BeCl_2$
B. $MgCl_2$
C. $CaCl_2$
D. $SnCl_2$
E. $BaCl_2$

11. Pernyataan berikut yang sesuai dengan peristiwa oksidasi adalah peristiwa
A. penangkapan elektron
B. pelepasan oksigen
C. penambahan muatan negatif
D. kenaikan bilangan oksidasi
E. pengurangan muatan positif

12. Jika bilangan oksidasi Fe = +3 dan S = –2, maka bila kedua unsur tersebut bersenyawa akan membentuk senyawa dengan rumus kimia
A. Fe_2S_3
B. Fe_3S_2
C. Fe_3S
D. FeS_2
E. FeS

13. Unsur mangan yang mempunyai bilangan oksidasi sama dengan krom dalam $K_2Cr_2O_7$ adalah
A. $KMnO_4$
B. K_2MnO_4
C. $MnSO_4$
D. MnO
E. MnO_2

14. Nitrogen mempunyai bilangan oksidasi +1 pada senyawa
A. HNO_3
B. N_2O_4
C. NO
D. N_2O
E. NH_3

15. Logam dengan bilangan oksidasi +5 terdapat dalam ion
A. CrO_4^{2-}
B. $Fe(CN)_6^{3-}$
C. MnO_4^-
D. $Cr_2O_7^{2-}$
E. SbO_4^{3-}

16. Pada reaksi redoks:

$$KMnO_4 + KI + H_2SO_4 \longrightarrow MnSO_4 + I_2 + K_2SO_4 + H_2O$$

bilangan oksidasi Mn berubah dari
A. +14 menjadi +8
B. +7 menjadi +2
C. +7 menjadi –4
D. –1 menjadi +2
E. –2 menjadi +2

17. Pada reaksi redoks:

$$2\,CuSO_4 + 4\,KI \longrightarrow 2\,K_2SO_4 + 2\,CuI_2 + I_2$$

hasil oksidasinya adalah … .
A. $CuSO_4$
B. CuI
C. I_2
D. KI
E. K_2SO_4

18. Bilangan oksidasi unsur bromim yang tertinggi terdapat dalam senyawa … .
 A. $Fe(BrO_2)_3$
 B. $Ca(BrO)_2$
 C. $HBrO_4$
 D. $AlBr_3$
 E. $PbBr_4$
19. Nama dan rumus kimia senyawa berikut yang ***tidak*** sesuai adalah … .
 A. nitrogen(I) oksida = N_2O
 B. nitrogen(II) oksida = NO
 C. nitrogen(III) oksida = N_2O_3
 D. nitrogen(IV) oksida = NO_2
 E. nitrogen(V) pentaoksida = N_2O_5
20. Reaksi di bawah ini yang termasuk reaksi redoks adalah … .
 A. $AgCl + 2\,NH_3 \longrightarrow Ag(NH_3)_2Cl$
 B. $NaOH + CH_3COOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$
 C. $AgNO_3 + NaCl \longrightarrow AgCl + NaNO_3$
 D. $OH^- + Al(OH)_3 \longrightarrow AlO_2^- + 2\,H_2O$
 E. $Hg(NO_3)_2 + Sn \longrightarrow Hg + Sn(NO_3)_2$

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Bagaimana cara membedakan larutan elektrolit dengan larutan nonelektrolit?
2. Sebutkan alat-alat yang diperlukan untuk melaksanakan eksperimen uji daya hantar listrik larutan!
3. Mengapa larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik, sedangkan larutan nonelektrolit tidak?
4. a. Sebutkan tiga contoh senyawa ion!
 b. Tuliskan reaksi ionisasinya!
5. Termasuk larutan elektrolit kuat, elektrolit lemah, ataukah larutan nonelektrolit senyawa-senyawa berikut ini?
 a. $CO(NH_2)_2$
 b. KCl
 c. CH_3COOH
 d. C_6H_6
 e. $FeCl_3$

Untuk soal no. 6 dan 7, perhatikan pernyataan berikut.

Dari pengamatan pada percobaan pengujian larutan elektrolit terlihat adanya nyala lampu pijar dan terjadinya gelembung-gelembung gas.

6. a. Mengapa lampu pijar dalam rangkaian itu dapat menyala?
 b. Mengapa ada lampu pijar yang menyala dengan terang dan ada yang redup?
7. a. Mengapa larutan nonelektrolit tidak menyebabkan lampu pijar menyala?
 b. Pengamatan apa yang dapat menunjukkan suatu larutan merupakan elektrolit lemah bila lampu tidak menyala?

Untuk soal no. 8, 9, dan 10 perhatikan data beberapa larutan berikut.

a. Air keras, HCl
b. Air kapur, $Ca(OH)_2$
c. Soda api, NaOH
d. Amonia, NH_3
e. Glukosa, $C_6H_{12}O_6$
f. Urea, $CO(NH_2)_2$
g. ZA, $(NH_4)_2SO_4$
h. Cuka, CH_3COOH
i. Air aki, H_2SO_4
j. Etanol 70%, C_2H_5OH

8. Tentukan yang merupakan larutan elektrolit kuat, elektrolit lemah, dan non-elektrolit?
9. Tuliskan masing-masing reaksi ionisasinya!
10. Tentukan larutan yang berasal dari senyawa kovalen!
11. Jelaskan pengertian reaksi reduksi-oksidasi menurut:
 a. konsep pengikatan dan pelepasan oksigen
 b. konsep pengikatan dan pelepasan elektron
 c. konsep kenaikan dan penurunan bilangan oksidasi
12. Tentukan bilangan oksidasi unsur yang bergaris bawah!
 a. $Na_2\underline{Cr}_2O_7$
 b. $\underline{S}_2O_3$
 c. $K\underline{Mn}O_4$
 d. $K_2\underline{O}$
 e. $\underline{Mg}_3(PO_4)_2$
13. Menurut tata nama IUPAC:
 a. Berilah nama senyawa berikut.
 1) $Fe(NO_3)_2$
 2) N_2O_5
 b. Tuliskan rumus kimia senyawa berikut.
 1) Natrium fosfat
 2) Aluminium sulfat
14. a. Apa yang dimaksud dengan reaksi disproporsionasi?
 b. Tuliskan contoh reaksi autoredoks!
15. Tunjukkan dengan bilangan oksidasi, reaksi berikut termasuk redoks atau bukan! Bila redoks, sebutkan oksidator, reduktor, hasil oksidasi, dan hasil reduksinya!
 a. $KMnO_4 + H_2SO_4 + H_2O \longrightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O + O_2$ (belum setara)
 b. $2\,Na + 2\,H_2O \longrightarrow 2\,NaOH + H_2$
 c. $ZnS + 2\,HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2S$
 d. $Na_2B_4O_7 + H_2SO_4 + 5\,H_2O \longrightarrow Na_2SO_4 + 4\,H_3BO_3$
 e. $2\,KI + Cl_2 \longrightarrow I_2 + 2\,KCl$
 f. $2\,CO + 2\,NO \longrightarrow 2\,CO_2 + N_2$
 g. $Br_2 + 2\,NaOH \longrightarrow NaBr + NaBrO + H_2O$
 h. $Cu_2O + C \longrightarrow 2\,Cu + CO$
 i. $SnCl_2 + I_2 + 2\,HCl \longrightarrow SnCl_4 + 2\,HI$
 j. $2\,CuSO_4 + 4\,KI \longrightarrow 2\,CuI + I_2 + 2\,K_2SO_4$

Bab 5

Hidrokarbon



Tujuan Pembelajaran:

Setelah mempelajari bab ini, Anda diharapkan mampu:

1. Menguji keberadaan unsur C, H, dan O dalam senyawa karbon.
2. Menganalisis kekhasan atom karbon dalam senyawa karbon.
3. Membedakan atom C primer, sekunder, tersier, dan kuartener.
4. Mengelompokkan senyawa hidrokarbon berdasarkan kejenuhan ikatan dan tata namanya.
5. Menyimpulkan hubungan titik didih senyawa hidrokarbon dengan massa molekul relatifnya.
6. Menjelaskan konsep isomer dan penerapannya pada sifat senyawa hidrokarbon.
7. Menuliskan reaksi sederhana pada alkana, alkena, dan alkuna.
8. Menjelaskan kegunaan dan komposisi senyawa hidrokarbon dalam kehidupan sehari-hari dalam bidang pangan, sandang, papan, perdagangan, seni, dan estetika

Kata Kunci

Senyawa organik, rantai karbon, alifatis, ikatan jenuh, alkana, alkena, dan alkuna.

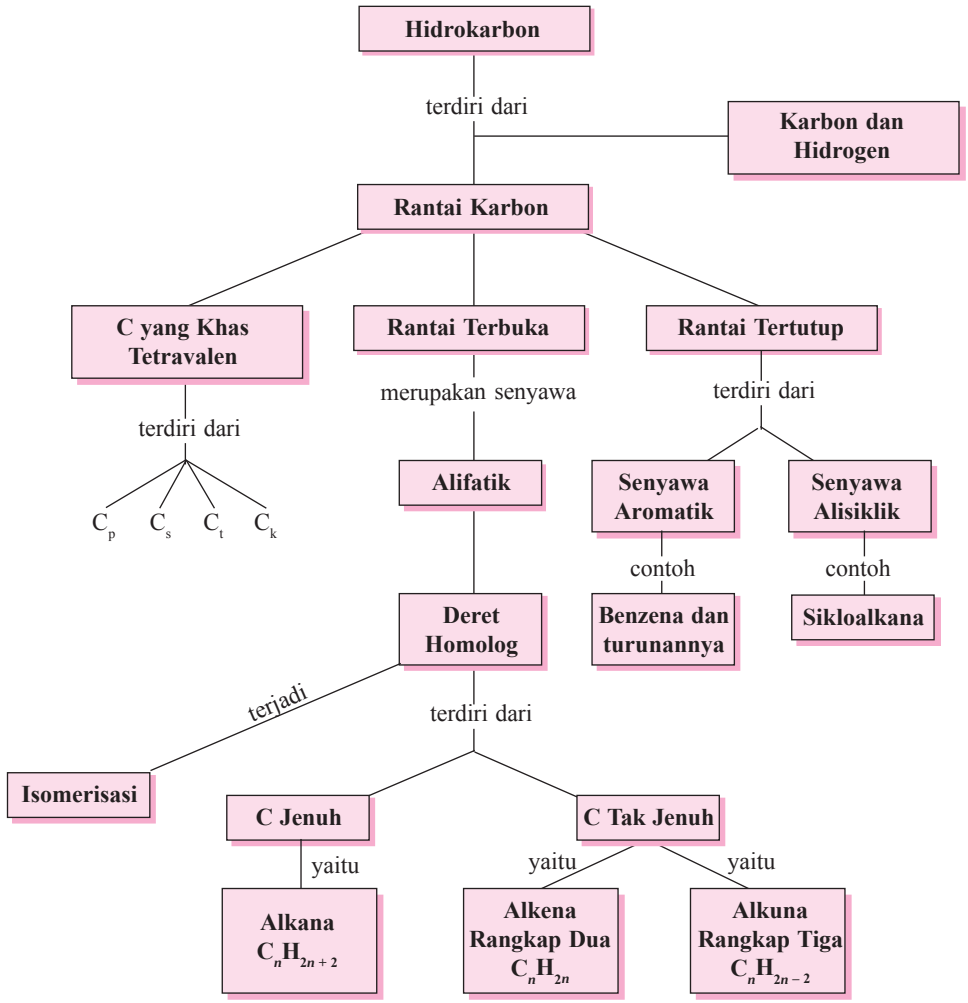
Pengantar

Pernahkah Anda membakar sate, apa yang terjadi jika daging sate tersebut terlalu lama dibakar? Ternyata sate tersebut menjadi gosong dan berwarna hitam. Tahukah Anda mengapa jika kayu terbakar juga menjadi berwarna hitam? Apakah yang menyebabkan warna hitam tersebut? Apakah daging binatang juga tersusun atas atom-atom yang sama dengan atom-atom penyusun kayu? Salah satu atom penyusun kayu dan tubuh binatang dan manusia adalah atom karbon. Atom karbon merupakan atom paling banyak yang menyusun tubuh makhluk hidup dan di alam semesta ini, senyawa dari atom karbon menduduki jumlah terbanyak. Mengapa atom karbon menjadi atom penyusun senyawa terbanyak di alam semesta ini? Apakah atom karbon mempunyai sifat khusus, sehingga dapat membentuk senyawa yang paling banyak di alam semesta ini? Jika Anda ingin mengetahui jawaban dari pertanyaan-pertanyaan di atas dengan memuaskan, maka Anda harus mempelajari bab *Hidrokarbon* ini.

Dalam bab ini, Anda akan mempelajari sifat khusus karbon sehingga mampu membentuk banyak senyawa, pengertian senyawa hidrokarbon, dan senyawa-senyawa apa saja yang termasuk kelompok hidrokarbon.

Peta Konsep

Hidrokarbon



5.1 Senyawa Karbon

Sejak zaman dahulu orang sudah mengenal bahwa berbagai zat dapat dihasilkan dari makhluk hidup. Bangsa Mesir Kuno sudah mengenal formalin, suatu zat pengawet yang dihasilkan oleh semut. Bangsa Mesopotamia juga sudah mengenal zat-zat pewarna dari hewan *Mollusca*.

Pada tahun 1780, seorang bernama **Karl Wilhelm Scheele** (1742 – 1786) membedakan senyawa-senyawa menjadi dua kelompok, yaitu:

1. *Senyawa organik*, adalah senyawa yang dihasilkan oleh makhluk hidup.
2. *Senyawa anorganik*, adalah senyawa yang dihasilkan oleh benda mati.

Sementara itu pada tahun 1807, **Jons Jacob Berzelius** (1779 – 1848) menyatakan teori *vis vitalis*, yaitu bahwa senyawa-senyawa organik hanya dapat dibuat di dalam tubuh makhluk hidup dengan bantuan daya hidup *(vis vitalis)*, sehingga menurutnya tidak mungkin senyawa organik dibuat di laboratorium dengan menggunakan bahan senyawa anorganik.

Hingga abad ke-19, kedua teori tersebut masih terus dipegang karena belum pernah ada senyawa organik yang dibuat di laboratorium. Sampai kemudian **Friederich Wohler** (1800 – 1882) yang juga murid Berzelius berhasil menumbangkan teori sebelumnya, setelah dia berhasil menyintesis senyawa organik. Senyawa tersebut adalah urea (yang biasa dihasilkan dari urine makhluk hidup) dengan menggunakan zat anorganik, yaitu dengan mereaksikan perak sianat dengan amonium klorida membentuk amonium sianat.

$$AgOCN + NH_4Cl \longrightarrow NH_4OCN + AgCl$$

Ternyata ketika amonium sianat diuapkan untuk memperoleh kristalnya, pada pemanasan yang terlalu lama, amonium sianat berubah menjadi urea.

$$NH_4OCN \xrightarrow{\Delta} (NH_2)_2CO$$

Urea

Sejak saat itulah banyak disintesis zat-zat organik menggunakan zat-zat anorganik di laboratorium.

> *"Harus ku ceritakan kepada Anda bahwa saya berhasil membuat urea tanpa menggunakan ginjal manusia atau hewan. Amonium sianat adalah urea."*
>
> *F. Wohler kepada J. J. Berzelius*
> *22 Pebruari 1828*

Dengan keberhasilan Wohler menyintesis urea dari amonium sianat, para ahli kemudian membedakan senyawa karbon menjadi senyawa karbon organik dan senyawa karbon anorganik.

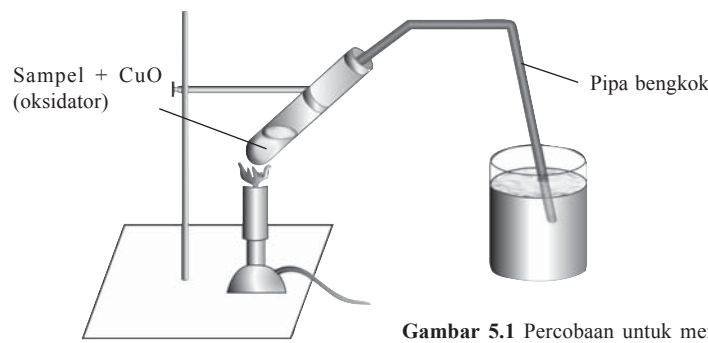
Tugas Kelompok

Carilah literatur sebanyak mungkin dari berbagai sumber dan diskusikan dengan anggota kelompok Anda tentang perbedaan senyawa karbon organik dengan senyawa karbon anorganik. Buatlah laporannya secara tertulis kepada guru!

A. Menguji Keberadaan Unsur C, H, dan O dalam Senyawa Karbon

Di dalam tubuh makhluk hidup terdapat unsur karbon. Hal ini dapat dibuktikan secara sederhana dengan membakar bahan-bahan yang berasal dari makhluk hidup, misalnya kayu, beras, dan daging. Ketika dibakar, bahan-bahan tersebut akan menjadi arang (karbon).

Keberadaan karbon dan hidrogen dalam senyawa organik juga dapat dilakukan dengan percobaan sederhana, seperti ditunjukkan dengan gambar di bawah ini.



Gambar 5.1 Percobaan untuk menunjukkan karbon dan hidrogen dalam senyawa organik.

Bahan + CuO (oksidator) $\longrightarrow$ $CO_2(g) + H_2O(l)$

Uji adanya CO_2:

$CO_2(g)$ + $Ca(OH)_2(aq)$ $\longrightarrow$ $CaCO_3(s) + H_2O(l)$

Air kapur

Uji adanya H_2O:

$H_2O(l)$ + kertas kobalt biru $\longrightarrow$ kertas kobalt merah muda

Keberadaan atom oksigen tidak ditunjukkan secara khusus, tetapi dilakukan dengan cara mencari selisih massa sampel dengan jumlah massa karbon + hidrogen + unsur lain.

Percobaan 5.1

Campurkan dua sendok kecil gula dan dua sendok kecil CuO, masukkan ke dalam tabung reaksi yang bersih dan kering. Ke dalam tabung reaksi yang lain masukkan $\frac{1}{3}$ bagian tabung air kapur. Kemudian susunlah alat-alat seperti gambar 5.1. Panaskan tabung reaksi pertama pelan-pelan hingga terjadi reaksi. Amati perubahan yang terjadi!

B. Keunikan Atom Karbon

Atom karbon mempunyai nomor atom 6, sehingga dalam sistem periodik terletak pada golongan IVA dan periode 2. Keadaan tersebut membuat atom karbon mempunyai beberapa keistimewaan sebagai berikut.

1. Atom Karbon Memiliki 4 Elektron Valensi

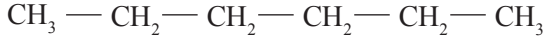
Berdasarkan konfigurasi keenam elektron yang dimiliki atom karbon didapatkan bahwa elektron valensi yang dimilikinya adalah 4. Untuk mencapai kestabilan, atom ini masih membutuhkan 4 elektron lagi dengan cara berikatan kovalen. Tidak ada unsur dari golongan lain yang dapat membentuk ikatan kovalen sebanyak 4 buah dengan aturan oktet.

2. Atom Unsur Karbon Relatif Kecil

Ditinjau dari konfigurasi elektronnya, dapat diketahui bahwa atom karbon terletak pada periode 2, yang berarti atom ini mempunyai 2 kulit atom, sehingga jari-jari atomnya relatif kecil. Hal ini menyebabkan ikatan kovalen yang dibentuk relatif kuat dan dapat membentuk ikatan kovalen rangkap.

3. Atom Karbon Dapat Membentuk Rantai Karbon

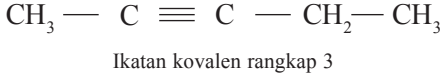
Keadaan atom karbon yang demikian menyebabkan atom karbon dapat membentuk rantai karbon yang sangat panjang dengan ikatan kovalen, baik ikatan kovalen tunggal, rangkap 2, maupun rangkap 3. Selain itu dapat pula membentuk rantai lingkar (siklik).



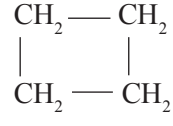
Ikatan kovalen tunggal



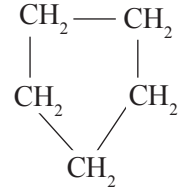
Ikatan kovalen rangkap 2



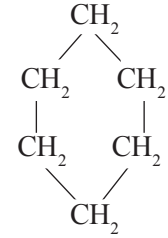
Ikatan kovalen rangkap 3



Siklobutana



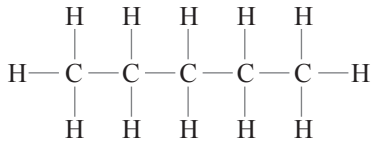
Siklopentana



Sikloheksana

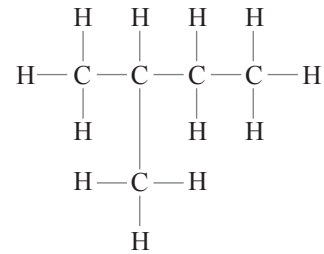
C. Isomer

Pada senyawa kidrokarbon dikenal istilah isomer. *Isomer* adalah suatu keadaan di mana senyawa-senyawa mempunyai rumus molekul sama, tetapi rumus strukturnya berbeda.
Cobalah perhatikan struktur berikut.



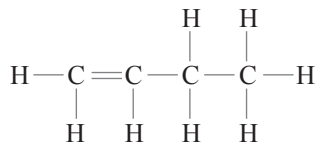
Rantai lurus

dengan

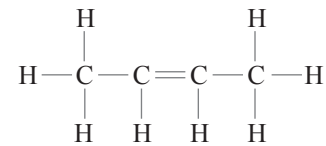


Rantai bercabang

Hitunglah jumlah atom C dan atom H pada kedua struktur di atas! Ternyata jumlahnya sama bukan? Yaitu 5 atom C dan 12 atom H.
Cobalah juga perhatikan struktur berikut.



dengan



Kedua struktur tersebut juga sama-sama memiliki 4 atom C dan 8 atom H.

Seperti itulah gambaran dari isomer. Di kelas X, Anda nanti akan mempelajari isomer isomer rangka, isomer posisi, serta isomer geometri, yaitu pada pembahasan alkana, alkena, dan alkuna. Sedangkan isomer gugus fungsi akan Anda pelajari di kelas XII.

5.2 Senyawa Hidrokarbon

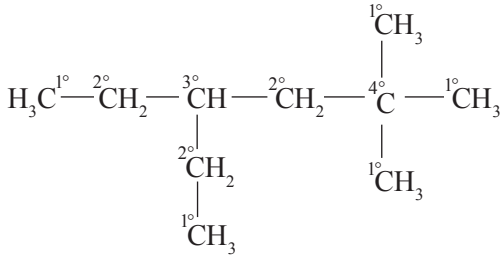
Senyawa karbon yang paling sederhana adalah hidrokarbon karena hanya terdiri dari dua unsur, yaitu karbon (C) dan hidrogen (H). Meskipun demikian jumlah senyawa yang dihasilkan dari kedua unsur ini sangat banyak.

Macam-macam atom karbon, yaitu atom karbon primer, sekunder, tersier, dan kuarterner. Keistimewaan atom karbon yang dapat membentuk ikatan kovalen sebanyak 4 buah dan kemampuannya dalam membentuk rantai karbon, menyebabkan atom karbon mempunyai kedudukan yang berbeda-beda. Kedudukan tersebut adalah:

1. *Atom karbon primer*, yaitu atom karbon yang terikat langsung pada 1 atom karbon yang lain.
2. *Atom karbon sekunder*, yaitu atom karbon yang terikat langsung pada 2 atom karbon yang lain.

3. *Atom karbon tersier*, yaitu atom karbon yang terikat langsung pada 3 atom karbon yang lain.
4. *Atom karbon kuarterner,* yaitu atom karbon yang terikat langsung pada 4 atom karbon yang lain.

Perhatikan contoh berikut.

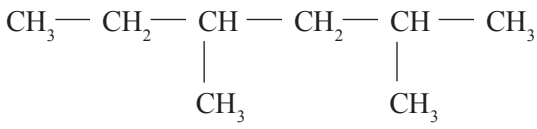


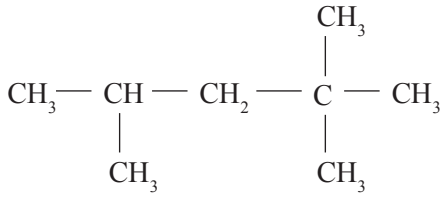
Dari contoh di atas, bisa Anda lihat jumlah atom karbon pada masing-masing posisi, yaitu:

primer : 5 (yang bertanda 1°)
sekunder : 3 (yang bertanda 2°)
tersier : 1 (yang bertanda 3°)
kuarterner : 1 (yang bertanda 4°)

Tugas Individu

Hitunglah jumlah atom C primer, C sekunder, C tersier, dan C kuarterner pada masing-masing senyawa hidrokarbon berikut!



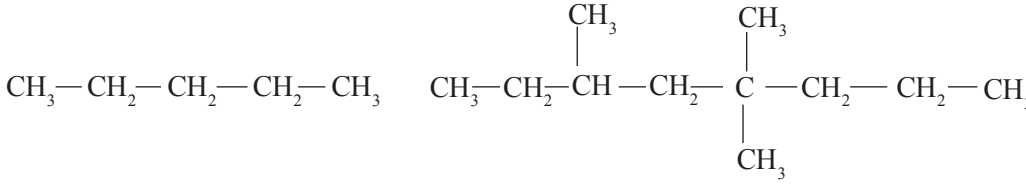


A Penggolongan Hidrokarbon

Penggolongan hidrokarbon didasarkan pada dua hal, yaitu bentuk rantai karbon dan jenis ikatan.

1. Berdasarkan Bentuk Rantai Karbon

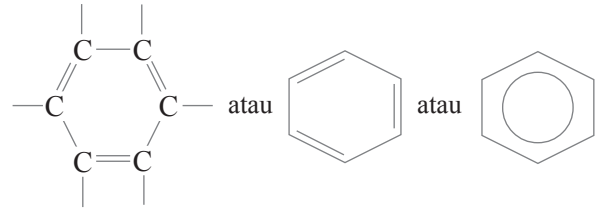
a. *Rantai karbon alifatis*, yaitu rantai karbon terbuka. Rantai karbon alifatis ini bisa lurus dan bisa juga bercabang.
Contoh:



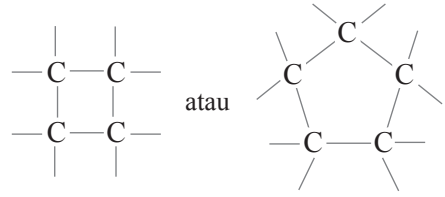
b. *Rantai karbon siklis,* yaitu rantai karbon tertutup. Dibedakan atas karbosiklik dan heterosiklik.

1) *Karbosiklik* adalah senyawa karbon siklik yang rantai lingkarnya hanya terdiri dari atom C saja. Yang termasuk karbosiklik adalah senyawa aromatis dan alisiklik.

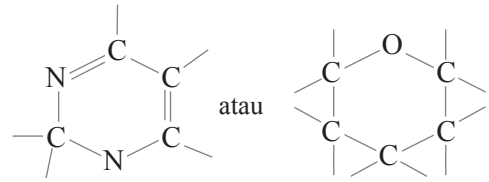
a) *Senyawa aromatis* adalah senyawa karbosiklik yang terdiri atas 6 atom karbon atau lebih yang memiliki ikatan rangkap 2 terkonjugasi (selengkapnya akan Anda pelajari di kelas XII). Contoh:



b) *Senyawa alisiklik* adalah senyawa karbosiklik yang hanya mempunyai ikatan tunggal. Contoh:

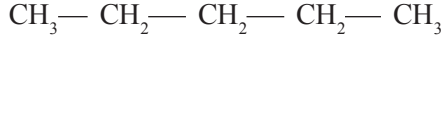


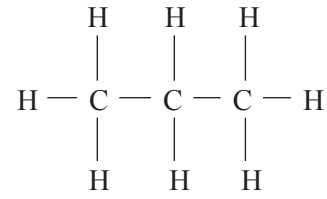
2) *Heterosiklik* adalah senyawa karbosiklik yang di dalam rantai lingkarnya terdapat atom lain selain atom karbon.
Contoh:



2. Berdasarkan Jenis Ikatan

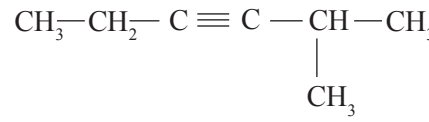
a. *Ikatan jenuh*, jika semua ikatan karbonnya merupakan ikatan tunggal (– C – C –).
Contoh:





b. *Ikatan tak jenuh,* jika mengandung ikatan rangkap 2 (– C = C –) maupun rangkap 3 (– C ≡ C –) pada ikatan karbon-karbon. Dikatakan tak jenuh karena ikatan rangkap, baik rangkap 2 maupun rangkap 3 ini masih dapat mengalami pemutusan ikatan.
Contoh:





Latihan 5.1

1. Jelaskan perbedaan senyawa organik dengan anorganik!
2. Bagaimana cara menguji keberadaan unsur-unsur karbon, hidrogen, dan oksigen dalam senyawa karbon!
3. Jelaskan keunikan atom karbon!
4. Jelaskan perbedaan rantai karbon alifatis dengan rantai karbon siklis beserta masing-masing contohnya!
5. Jelaskan perbedaan ikatan jenuh dengan ikatan tak jenuh pada senyawa hidrokarbon beserta masing-masing contohnya!

B. Tata Nama Senyawa Hidrokarbon

1. Alkana

a. Rumus Umum Alkana

Alkana merupakan senyawa hidrokarbon alifatik jenuh, yaitu hidrokarbon dengan rantai terbuka dan semua ikatan karbonnya merupakan ikatan tunggal. Senyawa alkana mempunyai rumus (James E. Brady):

$$C_nH_{2n+2}$$

Nama-nama sepuluh alkana dengan jumlah atom karbon 1 sampai 10 terdapat pada tabel 5.1. Hal ini merupakan dasar nama-nama seluruh senyawa organik.

Tabel 5.1 Rumus Molekul dan Nama Alkana serta Jumlah Atom C_1 sampai C_{10}

Jumlah Atom C	Rumus Molekul	Nama
1	CH_4	*Met*ana
2	C_2H_6	*Et*ana
3	C_3H_8	*Prop*ana
4	C_4H_{10}	*But*ana
5	C_5H_{12}	*Pent*ana
6	C_6H_{14}	*Heks*ana
7	C_7H_{16}	*Hept*ana
8	C_8H_{18}	*Okt*ana
9	C_9H_{20}	*Non*ana
10	$C_{10}H_{22}$	*Dek*ana

b. Gugus Alkil

Gugus alkil adalah alkana yang telah kehilangan satu atom H. Gugus alkil ini dapat dituliskan dengan menggunakan rumus:

$$C_nH_{2n+1}$$

Dengan menggantikan satu atom H, maka namanya juga akan berubah dari metana menjadi metil. Berikut ini beberapa gugus alkil yang biasa digunakan.

Tabel 5.2 Gugus Alkil

Rumus	Nama Alkil
CH_3-	Metil
C_2H_5-	Etil
C_3H_7-	Propil
C_4H_9-	Butil

Gugus metil dan gugus etil masing-masing hanya sejenis, yaitu:

- CH_3 — metil
- CH_3 — CH_2 — etil

Gugus propil ada dua jenis, yaitu:

- CH_3 — CH_2 — CH_2 — propil
- CH_3 — $CH(CH_3)$ — isopropil

Sedangkan gugus butil ada empat jenis, yaitu:

- $CH_3 — CH_2 — CH_2 — CH_2 —$ butil
- $CH_3 — CH(CH_3) — CH_2 —$ isobutil
- $CH_3 — CH_2 — CH(CH_3) —$ sekunderbutil (sek-butil)
- $CH_3 — C(CH_3)_2 —$ tersierbutil

c. Tata Nama Alkana

Dalam pemberian nama alkana ini akan sangat sulit jika hanya menggunakan tata nama alkana biasa (metana s.d. dekana, untuk C_1 – C_{10}). Hal ini disebabkan adanya isomer-isomer dalam alkana, sehingga perlu adanya nama-nama khusus. Misalnya, awalan normal digunakan untuk rantai lurus, sedangkan awalan iso untuk isomer yang mempunyai satu cabang CH_3 yang terikat pada atom karbon nomor dua. Padahal sangat sulit bagi kita untuk memberikan nama pada rantai karbon yang mempunyai banyak sekali isomer. Oleh karena itu, perhimpunan kimiawan internasional pada pertemuan di Jenewa pada tahun 1892 telah merumuskan aturan penamaan senyawa kimia. Tata nama yang mereka rumuskan itu terkenal dengan tata nama IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*). Nama yang diturunkan dengan aturan ini disebut *nama sistematik* atau *nama IUPAC*, sedangkan nama yang sudah biasa digunakan sebelum tata nama IUPAC tetap digunakan dan disebut dengan *nama biasa* atau *nama trivial*.

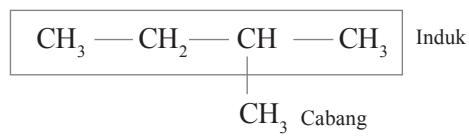
Aturan IUPAC untuk penamaan alkana bercabang sebagai berikut.

1) Nama alkana bercabang terdiri dari dua bagian, yaitu:
 a) *Bagian pertama*, di bagian depan, yaitu *nama cabang* (cabang-cabang).
 b) *Bagian kedua*, di bagian belakang, yaitu *nama rantai induk*.

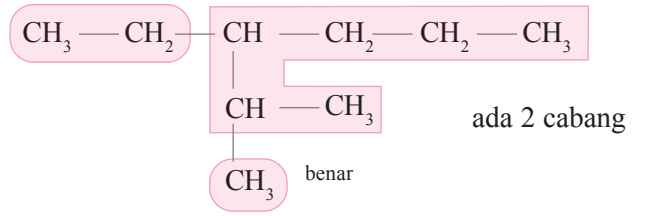
(John Mc. Murry Fay, 4th ed.)

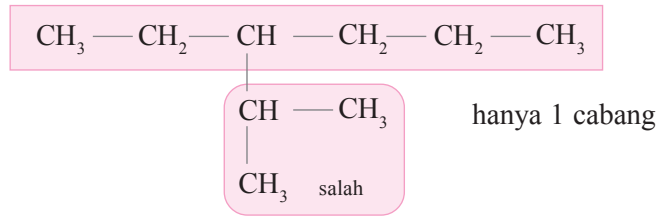
Contoh:

2 – metil butana
Cabang Induk



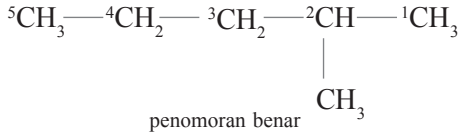
2) *Rantai induk* adalah rantai terpanjang dalam molekul. Bila ter-dapat dua atau lebih rantai terpanjang, maka harus dipilih yang mempunyai cabang terbanyak. Induk diberi nama *alkana*, tergantung pada panjang rantai.
Contoh:

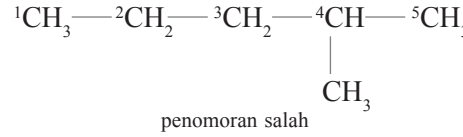




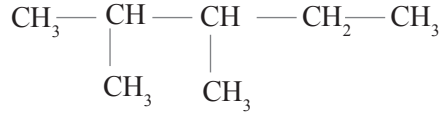
3) Cabang diberi nama *alkil*, yaitu nama alkana yang sesuai dengan mengganti akhiran *ana* menjadi *il*. Gugus alkil mempunyai rumus umum C_nH_{2n+1} dan dinyatakan dengan lambang R (lihat tentang alkil).

4) Posisi cabang dinyatakan dengan awalan angka. Untuk itu rantai induk perlu dinomori. Penomoran dimulai dari salah satu ujung rantai induk sedemikian hingga posisi cabang mendapat nomor terkecil. Contoh:

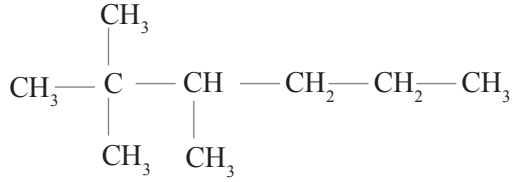




5) Jika terdapat dua atau lebih cabang yang sama, hal ini dinyatakan dengan awalan *di*, *tri*, *tetra*, *penta,* dan seterusnya pada nama cabang.



2,3–dimetilpentana



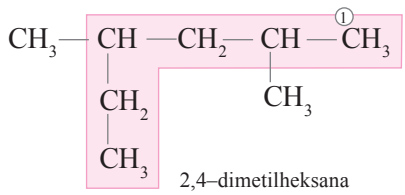
2,2,3–trimetilheksana

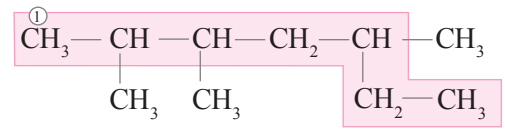
6) Cabang-cabang yang berbeda disusun sesuai urutan abjad dari nama cabang itu.
 Misalnya:
 - Etil ditulis terlebih dahulu daripada metil.
 - Isopropil ditulis terlebih dahulu daripada metil.

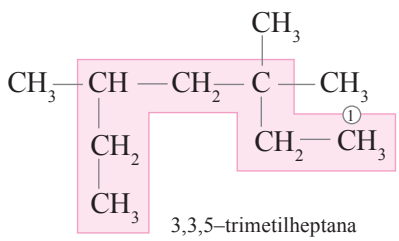
Berdasarkan aturan tersebut, penamaan alkana dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

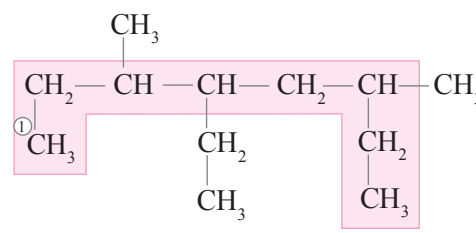
1) Memilih rantai induk, yaitu rantai terpanjang yang mempunyai cabang terbanyak.
2) Memberi penomoran dimulai dari salah satu ujung, sehingga cabang mendapat nomor terkecil.
3) Menuliskan nama dimulai dengan nama cabang yang disusun menurut abjad, kemudian diakhiri dengan nama rantai induk. Posisi cabang dinyatakan dengan awalan angka. Antara angka dengan angka dipisahkan dengan tanda koma (,), sedangkan antara angka dengan huruf dipisahkan tanda jeda (–).

Berikut ini contoh pemberian nama pada alkana.


2,4–dimetilheksana


2,3,5–trimetilheptana


3,3,5–trimetilheptana

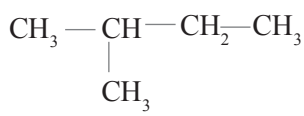

4–etil–3,6–dimetiloktana

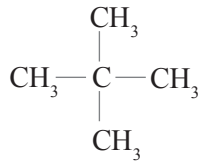
d. Isomerisasi pada Alkana

Sebagaimana telah kita pelajari di depan bahwa pada senyawa hidrokarbon dikenal istilah isomer. Isomer yang terjadi pada alkana adalah isomer rangka.

Sebagai contoh C_5H_{12} mempunyai isomer:


n–pentana


isopentana atau 2–metilbutana



neopentana atau 2,2–dimetilpropana

Artinya, senyawa dengan rumus molekul C_5H_{12} memiliki 3 isomer. Bagaimana dengan rumus molekul yang lain?
Buatlah isomer-isomer dari C_7H_{16} dan C_8H_{18}!

e. Sifat Alkana

1) Semua hidrokarbon merupakan senyawa nonpolar sehingga tidak larut dalam air. Jika suatu hidrokarbon bercampur dengan air, maka lapisan hidrokarbon selalu di atas sebab massa jenisnya lebih kecil daripada 1.

 Pelarut yang baik untuk hidrokarbon adalah pelarut nonpolar, seperti CCl_4 atau eter.

2) Makin banyak atom C, titik didih makin tinggi. Untuk hidrokarbon yang berisomer (jumlah atom C sama banyak), titik didih makin tinggi apabila rantai C makin panjang (bercabang sedikit).

3) Pada suhu dan tekanan biasa, empat alkana yang pertama (CH_4 sampai C_4H_{10}) berwujud gas. Pentana (C_5H_{12}) sampai heptadekana ($C_{17}H_{36}$) berwujud cair, sedangkan oktadekana ($C_{18}H_{38}$) dan seterusnya berwujud padat.

4) Jika direaksikan dengan unsur-unsur halogen (F_2, Cl_2, Br_2, dan I_2), maka atom-atom H pada alkana mudah mengalami substitusi (penukaran) oleh atom-atom halogen.

 $CH_4 + Cl_2 \longrightarrow CH_3Cl + HCl$
 metilklorida (klorometana)

 $CH_3Cl + Cl_2 \longrightarrow CH_2Cl_2 + HCl$
 diklorometana

 $CH_2Cl_2 + Cl_2 \longrightarrow CHCl_3 + HCl$
 kloroform (triklorometana)

 $CHCl_3 + Cl_2 \longrightarrow CCl_4 + HCl$
 karbon tetraklorida

5) Alkana dapat mengalami oksidasi dengan gas oksigen, dan reaksi pembakaran ini selalu menghasilkan energi. Itulah sebabnya alkana digunakan sebagai bahan bakar. Secara rata-rata, oksidasi 1 gram alkana menghasilkan energi sebesar 50.000 joule.

 Reaksi pembakaran sempurna:

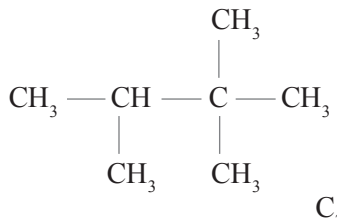
 $CH_4 + 2\ O_2 \longrightarrow CO_2 + 2\ H_2O$ + energi

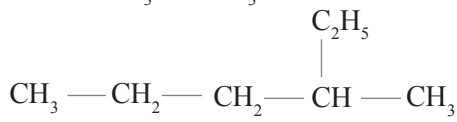
 Reaksi pembakaran tidak sempurna:

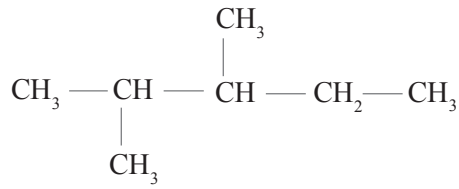
 $CH_4 + \frac{3}{2} O_2 \longrightarrow CO + 2\ H_2O$ + energi

Latihan 5.2

1. Berilah nama IUPAC senyawa-senyawa berikut.

a. 

b. 

c. 

2. Buatlah rantai karbon alkana dan tulislah rumus molekul senyawa karbon yang mempunyai nama berikut.
 a. 2,4–dimetilpentana
 b. 4–etil–2,3–dimetilheksana
 c. 3–etil–4,4,5–trimetilheptana
 d. 6–etil–2,2–dimetiloktana
3. Apakah nama senyawa berikut ini sudah sesuai dengan penamaan IUPAC? Betulkan jika masih ada nama yang salah.
 a. 4–metilbutana
 b. 2–etilbutana
 c. 2,2–dimetilbutana
 d. 3–metil–3–etilpentana
4. Sebutkan sifat-sifat alkana (paling sedikit tiga)!
5. Tuliskan semua isomer C_6H_{14}!
6. Tuliskan hasil reaksi:
 a. $CH_4 + Br_2 \longrightarrow$
 b. $C_2H_6 + Cl_2 \longrightarrow$

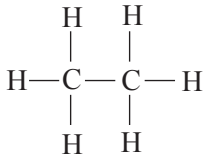
2. Alkena

a. Rumus Umum Alkena

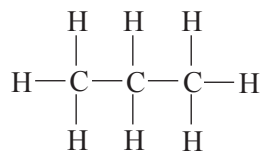
Alkena adalah hidrokarbon alifatik tak jenuh yang memiliki satu ikatan rangkap (C = C). Senyawa yang mempunyai dua ikatan rangkap disebut *alkadiena*, yang mempunyai tiga ikatan rangkap disebut *alkatriena*, dan seterusnya.

Bagaimana rumus umum alkena? Perhatikan senyawa-senyawa di bawah ini kemudian bandingkan!

Alkana

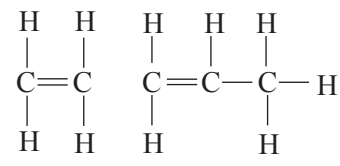


etana



propana

Alkena



etena

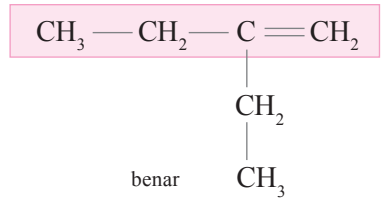
propena

Apa kesimpulan yang Anda ambil? Ya benar, alkena ternyata mengikat lebih sedikit dua atom hidrogen dibandingkan alkana. Karena rumus umum alkana C_nH_{2n+2}, maka rumus umum alkena adalah (James E. Brady, 1990):

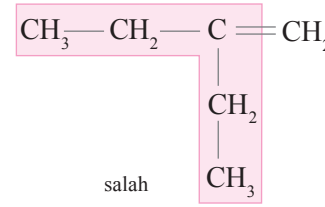
$$C_nH_{2n}$$

b. Tata Nama Alkena

1) Alkena rantai lurus
 Nama alkena rantai lurus sesuai dengan nama–nama alkana, tetapi dengan mengganti akhiran *–ana* menjadi *–ena.*
 Contoh:
 - C_2H_4 etena
 - C_3H_6 propena
 - C_4H_8 butena
2) Alkena rantai bercabang
 Urutan penamaan adalah:
 a) Memilih rantai induk, yaitu rantai karbon terpanjang yang mengandung ikatan rangkap.
 Contoh:

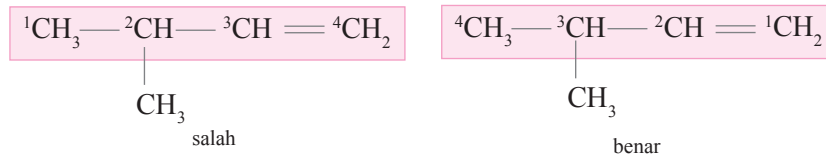


benar



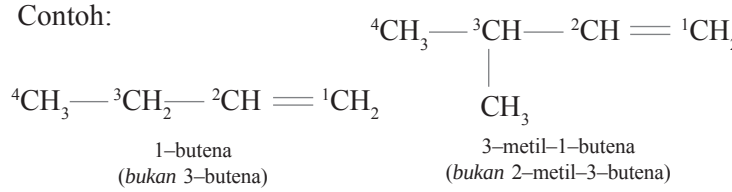
salah

b) Memberi nomor, dengan aturan penomoran dimulai dari salah satu ujung rantai induk, sehingga ikatan rangkap mendapat nomor terkecil (*bukan berdasarkan posisi cabang).*
Contoh:



c) Penamaan, dengan urutan:
- nomor atom C yang mengikat cabang
- nama cabang
- nomor atom C ikatan rangkap
- nama rantai induk (alkena)

Contoh:



(John Mc. Murry Fay, 4th ed.)

c. Keisomeran Alkena

Alkena mempunyai dua keisomeran sebagai berikut.

1) Keisomeran Struktur

Keisomeran struktur, yaitu keisomeran yang terjadi jika rumus molekul sama, tetapi rumus struktur berbeda.
Keisomeran pada alkena mulai ditemukan pada C_4H_8 terus ke suku yang lebih tinggi. Perhatikan contoh di bawah ini!

a) C_4H_8 mempunyai tiga macam isomer, yaitu:

(1) $CH_2=CH—CH_2—CH_3$ 1–butena

(2) $CH_3—CH=CH—CH_3$ 2–butena

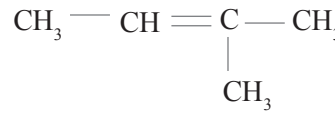
(3) $CH_3—C(CH_3)=CH_2$ 2–metil–1–propena

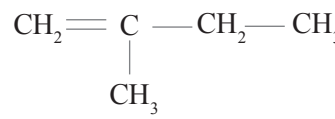
b) C_5H_{10} mempunyai lima macam isomer, yaitu:

(1) $CH_2=CH—CH_2—CH_2—CH_3$ 1–pentena

(2) $CH_3—CH=CH—CH_2—CH_3$ 2–pentena

(3) $CH_2=CH—CH(CH_3)—CH_3$ 3–metil–butena

(4)  2–metil–2–butena

(5)  2–metil–1–butena

Tugas Kelompok

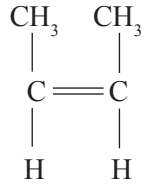
Tuliskan semua isomer dari C_6H_{12}!

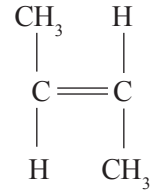
2) Keisomeran Geometri

Keisomeran geometri, yaitu keisomeran yang terjadi karena perbedaan orientasi gugus-gugus di sekitar C ikatan rangkap.

Contoh:

2–butena mempunyai dua isomer geometri, yaitu cis–2–butena dan trans–2–butena.

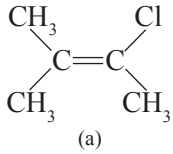

cis–2–butena

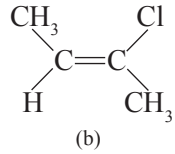

trans–2–butena

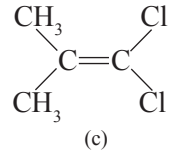
Syarat terjadinya isomer geometri adalah apabila masing-masing atom karbon yang berikatan rangkap mengikat 2 atom atau 2 gugus yang berbeda, sehingga jika atom atau gugus yang diikat tersebut bertukar tempat, maka strukturnya akan menjadi berbeda.

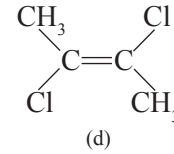
Contoh 5.1

Senyawa-senyawa berikut ini mempunyai isomer geometri atau tidak? Jika ya, nyatakan bentuk cis atau trans!


(a)


(b)


(c)


(d)

Jawab:

a. Tidak, karena salah satu atom C ikatan rangkap mengikat gugus yang sama.
b. Ya, karena kedua atom C ikatan rangkap mengikat gugus berbeda, termasuk bentuk trans.
c. Tidak, karena kedua atom C ikatan rangkap mengikat gugus yang sama.
d. Ya, karena kedua atom C ikatan rangkap mengikat gugus berbeda, termasuk bentuk trans.

d. Sifat-sifat Alkena

1) Sifat Fisis

Titik leleh dan titik didih alkena hampir sama dengan alkana yang sesuai. Pada suhu kamar, suku-suku rendah berwujud gas, suku-suku sedang berwujud cair, dan suku-suku tinggi berwujud padat.

2) Reaksi-reaksi Alkena

Alkena jauh lebih reaktif daripada alkana karena adanya ikatan rangkap. Reaksi alkena terutama terjadi pada ikatan rangkap tersebut.

Reaksi-reaksi alkena sebagai berikut.

a) Reaksi Adisi (penambahan atau penjenuhan)

Reaksi adisi, yaitu pengubahan ikatan rangkap menjadi ikatan tunggal dengan cara mengikat atom lain.

Zat-zat yang dapat mengadisi alkena adalah:

(1) Gas hidrogen (H_2)

$CH_2 = CH_2 + H_2$ $\qquad$ $CH_3 - CH_3$

etena $\qquad$ etana

(2) Halogen (F_2, Cl_2, Br_2, dan I_2)

$CH_2 = CH - CH_3 + Br_2$ $\qquad$ $CH_2(Br) - CH(Br) - CH_3$

propena $\qquad$ 1,2–dibromopropana

(3) Asam halida (HCl, HBr, HF, dan HI)

Jika alkena menangkap asam halida berlaku *aturan Markovnikov,* yaitu atom H dari asam halida akan terikat pada atom C berikatan rangkap yang telah memiliki atom H lebih banyak.

Contoh:

$CH_2 = CH - CH_3 + HCl$ $\qquad$ $CH_3 - CH(Cl) - CH_3$

propena $\qquad$ 2–kloropropena

b) Reaksi Pembakaran (oksidasi dengan oksigen)

Pembakaran sempurna alkena menghasilkan CO_2 dan H_2O.

$C_2H_4 + 3\ O_2 \qquad 2\ CO_2 + 2\ H_2O$

Pembakaran tidak sempurna alkena menghasilkan CO dan H_2O.

$C_2H_4 + 2\ O_2 \qquad 2\ CO + 2\ H_2O$

c) Reaksi Polimerisasi

Reaksi polimerisasi adalah reaksi penggabungan molekul-molekul sederhana (monomer) menjadi molekul besar (polimer).

Contoh:

Polimerisasi etena menjadi polietena

$$n\ CH_2 = CH_2 \longrightarrow -CH_2-CH_2- \longrightarrow [-CH_2-CH_2-]_n$$

Tugas Kelompok

1. Periksalah apakah 3–pentena termasuk isomer cis-trans atau tidak!
2. Carilah informasi dari literatur-literatur kimia tentang polimer, kemudian kerjakan soal-soal di bawah ini.
 Berikut ini beberapa polimer alami dan sintetis.

Polimer Alami	Polimer Sintetis
Protein	Polietena
Amilum	PVC
Selulosa	Polipropilena
Karet alam	Teflon

 a. Sebutkan dan tuliskan rumus kimia dari monomer penyusun polimer-polimer tersebut!
 b. Sebutkan sumber terdapatnya polimer-polimer tersebut!
 c. Tuliskan reaksi polimerisasinya!

Latihan 5.3

1. Berilah nama IUPAC pada senyawa-senyawa berikut.
 a. $CH_2=CH-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$

 b. $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}=\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}-CH_3$

 c. $CH_3-CH_2-CH=CH-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$

2. Tuliskan semua isomer C_7H_{14}!
3. Jelaskan sifat-sifat fisis alkena!

4. Tulislah hasil reaksi:
 a. $CH_3 - CH = CH_2 + H_2 \longrightarrow$
 b. $CH_2 = CH_2 + Cl_2 \longrightarrow$
 c. $C_3H_6 + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$ (belum setara)

3. Alkuna

a. Rumus Umum

Alkuna adalah senyawa hidrokarbon alifatik tak jenuh yang mengandung ikatan rangkap tiga.

Perhatikan contoh berikut.

$CH \equiv C - CH_3$ $CH \equiv C - CH_2 - CH_3$ $CH_3 - C \equiv C - CH_3$

Bagaimana rumus umum alkuna? Masih ingatkah Anda dengan senyawa alkadiena? Perhatikan rumus struktur senyawa-senyawa di bawah ini!

$CH \equiv C - CH_2 - CH_3$ (Alkuna) $CH_2 = CH - CH_2 - CH_3$ (Alkena)

Bagaimana jumlah atom C dan H pada kedua senyawa di atas? Ternyata untuk alkuna dengan jumlah atom C sebanyak 4 memiliki atom H sebanyak 6. Sedangkan untuk alkena dengan jumlah atom C sebanyak 4 memiliki atom H sebanyak 8.

Jadi, rumus umum alkuna adalah:

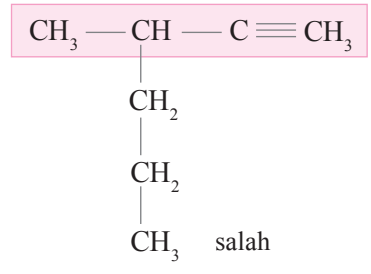
$$C_nH_{2n-2}$$

(James E. Brady, 1990)

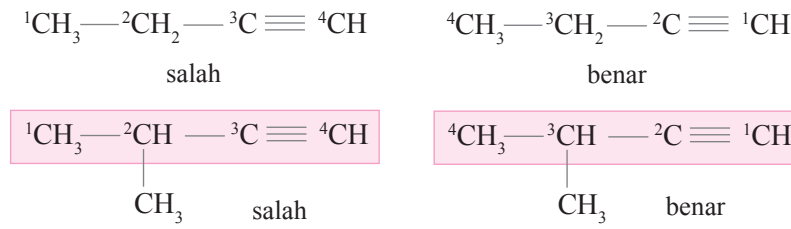
b. Tata Nama Alkuna

1) Alkuna rantai lurus namanya sama dengan alkana, hanya akhiran "*ana*" diganti dengan "*una*".
 Contoh:
 C_3H_4: propuna
 C_5H_8: pentuna
 C_4H_6: butuna

2) Alkuna rantai bercabang
Urutan penamaan adalah:
a) Memilih rantai induk, yaitu rantai karbon terpanjang yang mengandung ikatan rangkap tiga. Contoh:

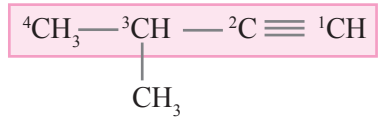


b) Penomoran alkuna dimulai dari salah satu ujung rantai induk, sehingga atom C yang berikatan rangkap tiga mendapat nomor terkecil. Contoh:

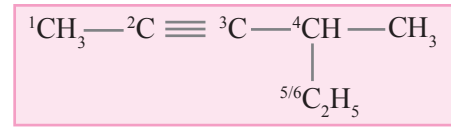


c) Penamaan, dengan urutan:
- nomor C yang mengikat cabang
- nama cabang
- nomor C yang berikatan rangkap tiga
- nama rantai induk (alkuna)

Contoh:



3–metil–1–butuna
(*bukan* 2–metil–3–butuna)

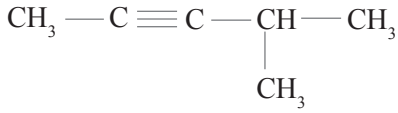


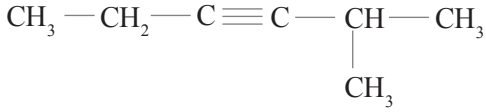
4–metil–2–heksana
(*bukan* 3–metil–4–heksana)

(John Mc. Murry Fay, 4th ed.)

Contoh 5.2

1. Tulislah nama senyawa berikut ini.

a. 

b. 

Jawab:

a. $^{1}CH_3—^{2}C\equiv{}^{3}C—{}^{4}CH(CH_3)—{}^{5}CH_3$

4–metil–2–pentuna

b. $^{6}CH_3—^{5}CH_2—^{4}C\equiv{}^{3}C—{}^{2}CH(CH_3)—$

2–metil–3–heksuna

2. Tulislah rumus struktur dari:
 a. 2,2–dimetil–3–heksuna
 b. 3–etil–1–heptuna

Jawab:

a. 2,2–dimetil–3–heksuna $CH_3—C(CH_3)(CH_3)—C\equiv C—CH_2—CH_3$

b. 3–etil–1–heptuna $CH\equiv C—CH(C_2H_5)—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$

c. Keisomeran Alkuna

Alkuna hanya mempunyai keisomeran struktur, tidak mempunyai keisomeran geometri (mengapa?). Keisomeran alkuna dimulai dari C_4H_6.

Contoh:

1) C_4H_6 mempunyai dua isomer, yaitu:

$CH\equiv C—CH_2—CH_3$ — 1–butuna

$CH_3—C\equiv C—CH_3$ — 2–butuna

2) C_5H_8 mempunyai tiga isomer, yaitu:

$CH\equiv C—CH_2—CH_2—CH_3$ — 1–pentuna

$CH_3—C\equiv C—CH_2—CH_3$ — 2–pentuna

$CH\equiv C—CH(CH_3)—CH_3$ — 3–metil–butuna

Berapa jumlah isomer C_6H_{10} dan bagaimana rumus strukturnya?

d. Sifat-sifat Alkuna

1) Sifat Fisis

 Sifat fisis alkuna sama dengan sifat fisis alkana maupun alkena.

2) Sifat Kimia (Reaksi Alkuna)

 Reaksi- reaksi pada alkuna mirip dengan alkena, hanya berbeda pada kebutuhan jumlah pereaksi untuk penjenuhan ikatan rangkap.

Alkuna membutuhkan jumlah pereaksi dua kali kebutuhan pereaksi pada alkena untuk jumlah ikatan rangkap yang sama.

Contoh:
Reaksi penjenuhan etena oleh gas hidrogen

$CH_2 = CH_2 + H_2 \rightarrow CH_3 - CH_3$
etena — etana

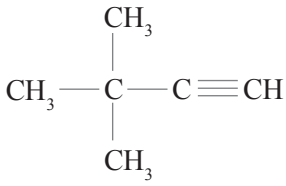
Bandingkan dengan reaksi penjenuhan etuna dengan gas hidrogen!

$CH \equiv CH + H_2 \rightarrow CH_2 = CH_2$
$CH_2 = CH_2 + H_2 \rightarrow CH_3 - CH_3$ +
$CH \equiv CH + 2H_2 \rightarrow CH_3 - CH_3$
etuna — etana

Tugas Kelompok

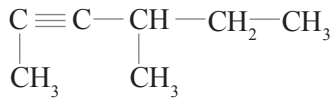
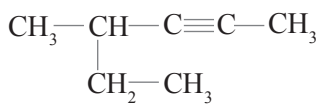
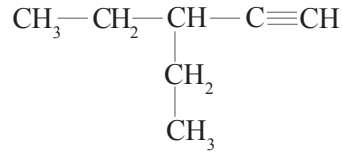
Diskusikan dengan kelompok Anda!

1. Alkena mempunyai keisomeran geometris (bentuk cis–trans) karena adanya ikatan rangkap pada rantai karbonnya. Alkuna juga termasuk hidrokarbon tak jenuh yang mempunyai ikatan rangkap tiga.
 Mungkinkah alkuna mempunyai keisomeran geometris? Jelaskan alasannya!
2. Perhatikan rumus struktur senyawa di bawah ini!



 Senyawa di atas diberi nama *dimetilbutuna*. Mengapa nama dimetilbutuna sudah cukup, tidak perlu menjadi 3,3–dimetil–1–butuna?

Latihan 5.4

1. Berilah nama IUPAC pada senyawa-senyawa berikut.
 a. 
 b. 
 c. 
2. Tuliskan semua isomer C_6H_{10}!
3. Sebutkan tiga sifat alkuna!

5.3 Penggunaan Senyawa Hidrokarbon dalam Kehidupan Sehari-hari

Seperti pembahasan di awal bab bahwa hidrokarbon merupakan senyawa karbon yang hanya tersusun atas unsur karbon dan unsur hidrogen dan dikelompokkan dalam dua golongan, yaitu hidrokarbon alifatik yang mencakup alkana, alkena, dan alkuna dan hidrokarbon aromatik yang mencakup benzena dan senyawa turunannya (Carey, F., 2001: 53). Semua bahan bakar fosil (batu bara, minyak bumi, dan gas) merupakan sumber utama hidrokarbon (Olah, George A and ´Arp´ad Moln´ar, 2003 : 3).

Hidrokarbon (minyak dan gas) mayoritas digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi dan untuk memanaskan ruangan. Penyulingan minyak bumi menghasilkan bensin, bahan bakar diesel, minyak pemanasan, minyak pelumas, lilin, dan aspal. Relatif kecil (4%) penggunaan minyak bumi untuk bahan baku industri kimia yang menghasilkan bahan-bahan penting untuk kehidupan sehari-hari, seperti plastik, tekstil, dan farmasi (Olah and ´Arp´ad Moln´ar, 2003 : 23). Penjelasan lebih lengkap tentang minyak bumi dan senyawa-senyawa yang dihasilkannya lewat distilasi fraksinasi akan dibahas pada bab Minyak bumi dan gas alam. Hidrokarbon rantai tak jenuh mempunyai kegunaan penting sebagai bahan dasar industri kimia dan polimer (Olah, George A and ´Arp´ad Moln´ar, 2003 : 43).

Hidrokarbon mempunyai turunan senyawa yang sangat banyak sekali, dan boleh dikatakan semua senyawa karbon atau senyawa organik merupakan senyawa turunan hidrokarbon karena unsur utama penyusunnya adalah hidrogen dan karbon. Senyawa turunan hidrokarbon mempunyai kegunaan yang sangat banyak dan mencakup semua bidang kehidupan. Adapun beberapa penggunaan dari senyawa-senyawa turunan hidrokarbon, antara lain sebagai berikut.

A. Bidang Pangan

Beberapa bahan kimia hanya terdiri dari karbon dan hidrogen (hidrokarbon). Hidrokarbon digunakan dalam industri, khususnya pada industri petroleum dan aspal cair. Energi kimia tersimpan dalam hidrokarbon, unsur-unsur penyusunnya adalah karbon dan hidrogen. Hidrokarbon memperoleh energi dari matahari saat tumbuh-tumbuhan menggunakan sinar matahari selama proses fotosintesis untuk menghasilkan glukosa (makanan). (www.encarta.msn.com)

Glukosa, karbohidrat yang paling sederhana mengalir dalam aliran darah sehingga tersedia bagi seluruh sel tubuh. Sel-sel tubuh tersebut menyerap glukosa. Gula ini kemudian oleh sel dioksidasi (dibakar) dengan bantuan oksigen yang kita hirup menjadi energi dan gas CO_2 dalam bentuk respirasi (pernapasan). Energi yang dihasilkan dan tidak digunakan akan disimpan di bawah jaringan kulit dalam bentuk lemak.

Reaksi pembakaran gula dalam tubuh:

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \longrightarrow \text{Energi} + 6\ CO_2 + 6\ H_2O$$

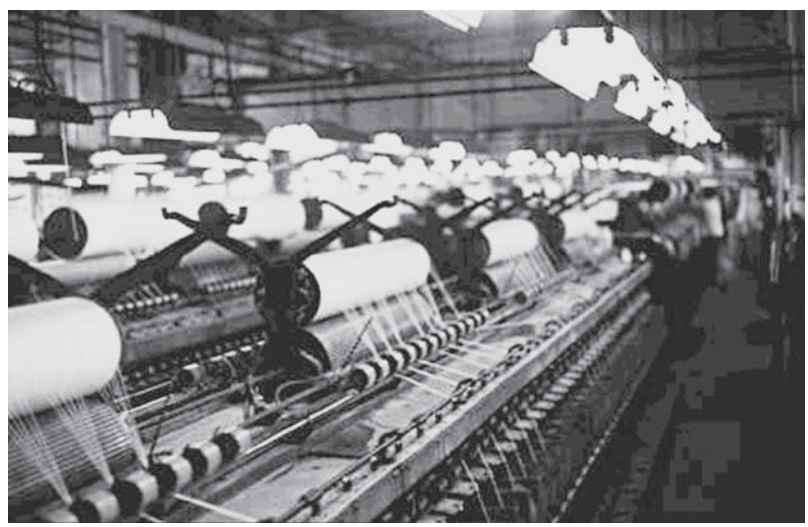
(gula) (udara yang dihirup) (udara yang dikeluarkan) (keringat atau air seni)



Gambar 5.2 Berbagai macam kegiatan yang membutuhkan energi dalam tubuh. Sumber: Microsoft ® Encarta ® Reference Library 2006.

B. Bidang Sandang

Senyawa-senyawa turunan hi-drokarbon yang berperan di bidang pakaian, antara lain kapas, wol (merupakan suatu protein), sutra (protein), nilon (polimer), dan serat sintetis.



Gambar 5.3 Senyawa turunan hidrokarbon dalam industri tekstil. Sumber: Microsoft ® Encarta ® Reference Library 2006.

C. Bidang Papan

Bidang papan, senyawa turunan hidrokarbon yang berperan, antara lain selulosa, kayu, lignin, dan polimer.



Gambar 5.4 Penggunaan senyawa turunan hidrokarbon dalam bidang papan. Sumber: Microsoft ® Encarta ® Reference Library 2006.

D. Bidang Perdagangan

Minyak bumi merupakan senyawa hidrokarbon yang menjadi komoditi perdagangan yang sangat penting bagi dunia karena minyak bumi merupakan salah satu sumber energi yang paling utama saat ini. Negara-negara di dunia penghasil minyak bumi membentuk organisasi antarnegara penghasil minyak bumi yang diberi nama OPEC (*Organization of Petrolleum Exporting Country*). Hasil penyulingan minyak bumi banyak menghasilkan senyawa-senyawa hidrokarbon yang sangat penting bagi kehidupan manusia, seperti bensin, petroleum eter (minyak tanah), gas elpiji, minyak pelumas, lilin, dan aspal.

E. Bidang Seni dan Estetika

Di bidang seni, senyawa hidrokarbon yang sering dipakai, antara lain lilin (*wax*) untuk melapisi suatu karya pahat agar tampak lebih mengkilat. Bahkan ada seniman yang membuat patung dari lilin dengan cara memadatkan lilin dalam ukuran besar kemudian dipahat atau diukir sesuai keinginan sang seniman. Selain itu juga ada seni pewarnaan, baik pada kain maupun benda-benda lain menggunakan senyawa-senyawa kimia. Bahan-bahan yang dilapisi dengan lilin akan tampak lebih menarik dan di samping itu juga akan terhindar dari air karena air tidak dapat bereaksi dengan lilin karena perbedaan kepolaran.



Gambar 5.5 Patung grup musik Beatles (museum lilin Madame Tausad's London) terbuat dari lilin. Sumber: Microsoft ® Encarta ® Reference Library 2006.

Kimia di Sekitar Kita

Minyak Pelumas dari Botol Plastik Bekas

Percayakah Anda jika suatu saat nanti botol plastik bekas dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan minyak pelumas untuk kendaraan bermotor? Jika tidak percaya, tanyakan saja pada Stephen J. Miller, Ph.D., seorang ilmuwan senior dan konsultan peneliti di Chevron. Bersama rekan-rekannya di pusat penelitian Chevron Energy Technology Company, Richmond, California, Amerika Serikat dan University of Kentucky, ia berhasil mengubah limbah plastik menjadi minyak pelumas. Bagaimana caranya?



(Sumber: www.chem-is-try.org)

Sebagian besar penduduk di dunia memanfaatkan plastik dalam menjalankan aktivitasnya. Berdasarkan data *Environmental Protection Agency* (EPA) Amerika Serikat, pada tahun 2001, penduduk Amerika Serikat menggunakan sedikitnya 25 juta ton plastik setiap tahunnya. Belum ditambah pengguna plastik di negara lainnya. Bukan suatu yang mengherankan jika plastik banyak digunakan. Plastik memiliki banyak kelebihan dibandingkan bahan lainnya. Secara umum, plastik memiliki densitas yang rendah, bersifat isolasi terhadap listrik, mempunyai kekuatan mekanik yang bervariasi, ketahanan suhu terbatas, serta ketahanan bahan kimia yang bervariasi. Selain itu, plastik juga ringan, mudah dalam perancangan, dan biaya pembuatan murah.

Sayangnya, di balik segala kelebihannya, limbah plastik menimbulkan masalah bagi lingkungan. Penyebabnya tak lain sifat plastik yang tidak dapat diuraikan dalam tanah. Untuk mengatasinya, para pakar lingkungan dan ilmuwan dari berbagai disiplin ilmu telah melakukan berbagai penelitian dan tindakan. Salah satunya dengan cara mendaur ulang limbah plastik. Namun, cara ini tidaklah terlalu efektif. Hanya sekitar 4% yang dapat didaur ulang, sisanya menggunung di tempat penampungan sampah.

Mungkinkah tumpukan sampah plastik ini dapat diubah menjadi minyak pelumas? Masalah itulah yang mendasari Miller dan rekan-rekannya melakukan penelitian ini. Sebagian besar plastik yang digunakan masyarakat merupakan jenis plastik polietilena.



(Sumber: www.chem-is-try.org)

Ada dua jenis polietilena, yaitu *high density polyethylene* (HDPE) dan *low density polyethylene* (LDPE). HDPE banyak digunakan sebagai botol plastik minuman, sedangkan LDPE untuk kantong plastik. Dalam penelitiannya yang akan dipublikasikan dalam *Jurnal American*

Chemical Society bagian Energi dan Bahan Bakar (*Energy and Fuel*) edisi 20 Juli 2005, Miller memanaskan polietilena menggunakan *metode pirolisis*, lalu menyelidiki zat hasil pemanasan tersebut.

Ternyata, ketika polietilena dipanaskan akan terbentuk suatu senyawa hidrokarbon cair. Senyawa ini mempunyai bentuk mirip lilin (*wax*). Banyaknya plastik yang terurai adalah sekitar 60%, suatu jumlah yang cukup banyak. Struktur kimia yang dimiliki senyawa hidrokarbon cair mirip lilin ini memungkinkannya untuk diolah menjadi minyak pelumas berkualitas tinggi. Sekadar informasi, minyak pelumas yang saat ini beredar di pasaran berasal dari pengolahan minyak bumi. Minyak mentah (*crude oil*) hasil pengeboran minyak bumi di dasar bumi mengandung berbagai senyawa hidrokarbon dengan titik didih yang berbeda-beda. Kemudian, berbagai senyawa hidrokarbon yang terkandung dalam minyak mentah ini dipisahkan menggunakan *teknik distilasi bertingkat* (penyulingan) berdasarkan perbedaan titik didihnya. Selain bahan bakar, seperti bensin, solar, dan minyak tanah, penyulingan minyak mentah juga menghasilkan minyak pelumas. Sifat kimia senyawa hidrokarbon cair dari hasil pemanasan limbah plastik mirip dengan senyawa hidrokarbon yang terkandung dalam minyak mentah, sehingga dapat diolah menjadi minyak pelumas. Pengubahan hidrokarbon cair hasil pirolisis limbah plastik menjadi minyak pelumas menggunakan *metode hidroisomerisasi*. Miller berharap minyak pelumas buatan ini dapat digunakan untuk kendaraan bermotor dengan kualitas yang sama dengan minyak bumi hasil penyulingan minyak mentah, ramah lingkungan, sekaligus ekonomis.

Sebenarnya, usaha pembuatan minyak sintetis dari senyawa hidrokarbon cair ini bukan suatu hal baru. Pada awal 1990-an, perusahaan Chevron telah mencoba mengubah senyawa hidrokarbon cair menjadi bahan bakar sintetis untuk tujuan komersial. Hanya saja bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan senyawa hidrokarbon cair berasal dari gas alam (umumnya gas metana) melalui proses katalitik yang dikenal dengan nama *proses Fischer-Tropsch*. Pada proses Fischer-Tropsch ini, gas metana diubah menjadi gas sintesis (*syngas*), yaitu campuran antara gas hidrogen dan karbon monoksida, dengan bantuan besi atau kobalt sebagai katalis. Selanjutnya, syngas ini diubah menjadi senyawa hidrokarbon cair, untuk kemudian diolah menggunakan *proses hydrocracking* menjadi bahan bakar dan produk minyak bumi lainnya, termasuk minyak pelumas. Senyawa hidrokarbon cair hasil pengubahan dari syngas mempunyai sifat kimia yang sama dengan polietilena.

Gas alam yang digunakan berasal dari Amerika Serikat. Belakangan, daerah lepas laut Timur Tengah menjadi sumber gas alam karena di sana harga gas alam lebih murah. Minyak pelumas dari gas alam ini untuk sementara dapat menjadi alternatif minyak pelumas hasil pengolahan minyak bumi. Pada masa mendatang, cadangan gas alam di dunia diperkirakan akan segera menipis. Di lain pihak, kebutuhan akan minyak pelumas semakin tinggi. Kini, dengan adanya penemuan ini, pembuatan minyak pelumas tampaknya tidak lagi memerlukan gas alam. Cukup dengan memanfaatkan limbah botol plastik, jadilah minyak pelumas. Tertarik mencoba?

Sumber artikel: Sandri Justiana, S. Si. dan Budiyanti Dwi Hardanie, S.Si.
www.chem-is-try.org

Latihan 5.5

1. Jelaskan perbedaan antara senyawa karbon dengan senyawa hidrokarbon!
2. Sebutkan sumber dari senyawa hidrokarbon dan kegunaannya!
3. Apa yang dimaksud turunan senyawa hidrokarbon? Sebutkan contoh senyawanya!
4. Carilah informasi dari berbagai sumber tentang polimer, kemudian kerjakan soal-soal di bawah ini!
 a. Apa yang dimaksud dengan polimer?
 b. Bagaimana polimer dapat terbentuk?
 c. Jelaskan reaksi pembentukan polimer dan berilah contoh reaksinya!
 d. Sebutkan bahan-bahan yang sehari-hari kita pergunakan yang merupakan polimer!

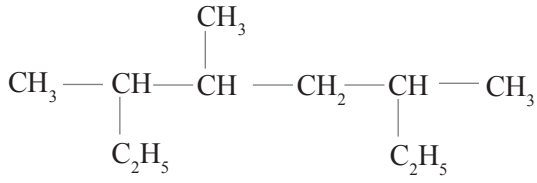
Rangkuman

1. Sejak Friederich Wohler berhasil menyintesis urea dengan menggunakan zat kimia, maka pendapat yang menyatakan bahwa senyawa organik adalah senyawa yang berasal dari makhluk hidup menjadi gugur.
2. Senyawa karbon adalah senyawa yang mengandung unsur karbon, yang jumlahnya di alam sangat banyak.
3. Senyawa hidrokarbon adalah senyawa yang terdiri atas hidrogen dan karbon. Banyaknya senyawa hidrokarbon disebabkan karena keistimewaan yang dimiliki oleh atom karbon, yaitu dapat membentuk empat ikatan dengan atom karbon lain atau dengan atom unsur lain.
4. Pada senyawa hidrokarbon, berdasarkan jumlah atom karbon yang diikat, atom karbon dibedakan atas karbon primer, sekunder, tersier, dan kuartener.
5. Ikatan yang terjadi pada senyawa hidrokarbon adalah ikatan kovalen, baik kovalen tunggal maupun rangkap dua serta rangkap tiga.
6. Secara umum dikenal tiga jenis golongan senyawa hidrokarbon, yaitu alkana, alkena, dan alkuna.
7. Pada senyawa hidrokarbon, dikenal istilah isomer, yaitu senyawa yang mempunyai rumus kimia sama tetapi rumus strukturnya berbeda.
8. Sumber utama senyawa hidrokarbon adalah dari minyak bumi, batu bara, dan gas alam.
9. Senyawa hidrokarbon diperoleh dari penyulingan minyak bumi melalui distilasi fraksinasi dan hasilnya berupa fraksi-fraksi senyawa hidrokarbon, antara lain gas LPG, bensin, petroleum eter, lilin, dan aspal.
10. Senyawa hidrokarbon pada umumnya dipergunakan sebagai bahan bakar mesin, pemanasan ruangan, dan bahan baku industri kimia dan petrokimia.
11. Semua senyawa karbon merupakan turunan dari senyawa hidrokarbon dan mempunyai kegunaan yang bermacam-macam yang hampir mencakup semua kebutuhan hidup sehari-hari.

Uji Kompetensi

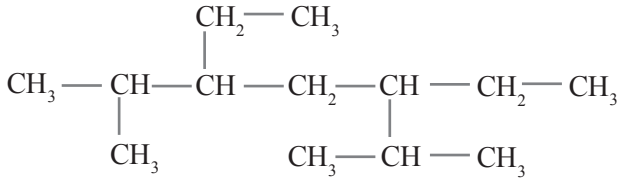
I. Berilah tanda silang (X) huruf A, B, C, D, atau E pada jawaban yang benar!

1. Nama yang tepat untuk senyawa di bawah ini adalah



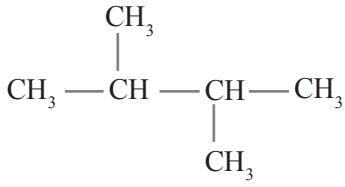
 A. 2,5–dietil–3–metilheksana
 B. 2–etil–4,5–dimetilheptana
 C. 6–etil–3,4–dimetilheptana
 D. 3,4,6–trimetiloktana
 E. 3,5,6–trimetiloktana

2. Nama senyawa di bawah ini adalah



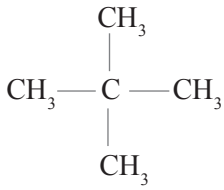
 A. 3,5–diisopropilheptana
 B. 3,5–dietil–2,6–dimetilheptana
 C. 3,5–dietil–2,6,6–trimetilheksana
 D. 3–etil–2–metil–5–isopropilheptana
 E. 5–etil–6–metil–3–isopropilheptana

3. Nama IUPAC dari senyawa yang mempunyai rumus struktur seperti di bawah ini adalah



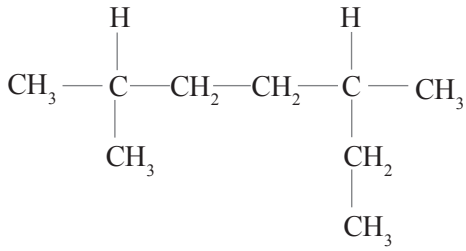
 A. 2,3–dimetilheksana
 B. 2–metilbutana
 C. 1,2,2–trimetilpropana
 D. 2,3–dimetilbutana
 E. n–heksana

4. Nama senyawa yang memiliki rumus struktur seperti di bawah ini adalah



A. 2–metil–2–metilpropana
B. 2,2–dimetilbutana
C. 2,2–dimetilpropana
D. 2–dimetilbutana
E. 2,2–metilpropana

5. Perhatikan rumus struktur berikut!



Menurut kaidah IUPAC, nama senyawa dari rumus struktur di atas adalah
A. 2–etil–4–metilheksana
B. 5–metil–3–metilheksana
C. 3–metil–5–metilheptana
D. 2,5–dimetilheptana
E. 3,5–dimetilnonana

6. Senyawa berikut yang termasuk alkena adalah
A. C_3H_8
B. C_4H_6
C. C_5H_{10}
D. C_6H_{14}
E. C_6H_6

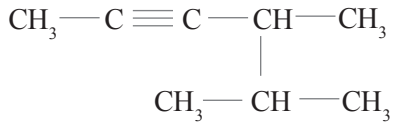
7. Senyawa berikut yang ***bukan*** merupakan anggota alkena adalah
A. metana
B. etena
C. propena
D. butena
E. pentena

8. Senyawa yang mempunyai dua buah ikatan rangkap adalah
A. CH_4
B. C_2H_4
C. C_3H_4
D. C_3H_6
E. C_3H_8

9. Nama senyawa $CH_3 - C(CH_3)_2 - CH = CH_2$ adalah
A. heksena
B. heksana
C. 2,2–dimetilbutana
D. 3,3–dimetil–1–butuna
E. 3,3–dimetil–1–butena

10. Di antara nama berikut, yang ***tidak*** sesuai dengan aturan IUPAC adalah
 A. 2–metilpropena
 B. 2–metilbutena
 C. 2–metil–2–butena
 D. 3–metil–2–butena
 E. 3–metil–2–pentena
11. Suatu alkena berwujud gas sebanyak 5,6 liter (STP) mempunyai massa 17,5 gram. Gas tersebut adalah
 A. etena
 B. propena
 C. butena
 D. pentena
 E. heksena
12. Reaksi antara etena dengan asam klorida yang menghasilkan etilklorida tergolong reaksi
 A. adisi
 B. substitusi
 C. polimerisasi
 D. dehidrasi
 E. eliminasi
13. Di antara bahan di bawah ini, yang merupakan hasil industri dari senyawa alkena adalah
 A. lilin
 B. kertas
 C. tekstil
 D. pupuk
 E. plastik
14. Yang merupakan isomer dari 2,3–dimetil–1–butena adalah
 A. 2–butena
 B. 2–heksena
 C. 2–metil–1–butena
 D. 2,2–dimetil–1–pentena
 E. 2–metil–2–butena
15. Yang mempunyai isomer cis-trans adalah
 A. $CH_3-CH=C(CH_3)-CH_3$
 B. $CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH_3$
 C. $CH_2=CH-CH_3$
 D. $CH_2=CH(CH_3)$
 E. $CH_3-CH=CH-CH_3$
16. Gas asetilena termasuk deret
 A. alkena
 B. alkuna
 C. alkana
 D. alkadiena
 E. hidrokarbon jenuh

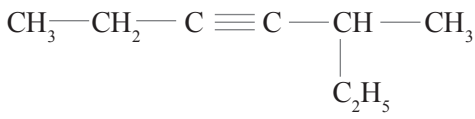
17. Zat yang tergolong senyawa hidrokarbon tak jenuh dan mempunyai satu ikatan rangkap tiga adalah
 A. butana
 B. etena
 C. butena
 D. etilena
 E. asetilena
18. Dalam setiap molekul alkuna
 A. semua ikatan antaratom karbon merupakan ikatan rangkap tiga
 B. terdapat setidaknya satu ikatan rangkap
 C. terdapat setidaknya satu ikatan rangkap tiga
 D. semua atom karbon mengikat 4 atom H
 E. jumlah atom H lebih sedikit daripada atom C
19. Nama senyawa di bawah ini adalah



 A. 2,3–dimetil–2–heksuna
 B. 2,3–dimetil–3–heksuna
 C. 4,5–dimetil–2–heksuna
 D. 4–isopropil–2–pentuna
 E. 2–isopropil–2–pentuna
20. Gas yang terbentuk pada reaksi antara batu karbid dengan air adalah
 A. etana
 B. etena
 C. etuna
 D. metana
 E. butana
21. Berikut ini yang ***bukan*** isomer dari heptuna adalah
 A. 3–metil–2–heksuna
 B. 4,4–dimetil–2–pentuna
 C. 3–metil–1–heksuna
 D. 3,4–dimetil–1–pentuna
 E. 3,3–dimetil–1–pentuna
22. Senyawa alkuna di bawah ini yang memiliki 3 buah isomer yang mengandung ikatan rangkap tiga adalah
 A. C_3H_4
 B. C_4H_6
 C. C_5H_8
 D. C_6H_{10}
 E. C_7H_{12}
23. Jumlah isomer alkuna dengan rumus C_5H_8 adalah
 A. 3
 B. 4
 C. 5
 D. 6
 E. 7

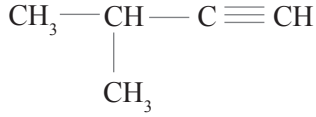
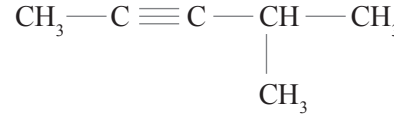
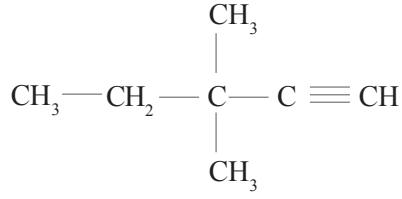
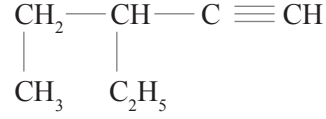
24. Suatu hidrokarbon mempunyai rumus empiris CH. Jika M_r senyawa tersebut adalah 26, maka rumus molekulnya adalah
 A. CH_2
 B. C_2H_2
 C. C_2H_4
 D. C_2H_6
 E. C_3H_3

25. Nama IUPAC senyawa berikut ini adalah



 A. 2–etil–5–metil–3–heksuna
 B. 1,4–dimetil–2–heksuna
 C. 5–metil–3–heptuna
 D. 2–metil–5–etil–2–heksuna
 E. 3,6–dimetil–4–heptuna

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Apakah sumbangan besar Friederich Wohler terhadap stagnasi perkembangan ilmu kimia?
2. Apakah yang dimaksud dengan hidrokarbon?
3. Sebutkan cara membuktikan suatu senyawa organik mengandung karbon dan hidrogen!
4. Berikan contoh bentuk rantai karbon:
 a. alifatik jenuh
 b. alifatik jenuh bercabang
 c. alifatik tak jenuh
 d. alifatik tak jenuh bercabang
 e. siklik jenuh
 f. siklik jenuh bercabang
 g. siklik tak jenuh
 h. siklik tak jenuh bercabang
5. Tuliskan semua isomer dan nama IUPAC-nya dari senyawa:
 a. C_4H_{10}
 b. C_5H_{10}
 c. C_5H_8
6. Tuliskan nama senyawa berikut.
 a. 
 c. 
 b. 
 d. 

7. Tuliskan reaksi pembentukan gas asetilena dari batu karbid! Apakah kegunaan gas asetilena dalam kehidupan sehari-hari?
8. Tuliskan rumus struktur dari senyawa-senyawa berikut.
 a. 3,4,5–trietil–3–metil–4–isobutil–5–isopropiloktana
 b. 4,4–dietil–3,5,5,6–tetrametilheptana
 c. 3,3,4,5–tetrametil–1–heksena
 d. 2,4,5–trimetil–5–propil–2–dekena
 e. 3,3–dimetil–4–propil–1–heptuna
 f. 2,5,6–trimetil–3–dekuna
9. Apakah perbedaan antara alkuna dengan alkadiena yang sama-sama mempunyai rumus umum C_nH_{2n-2}?
10. Apakah produk yang dihasilkan jika 1–pentuna direaksikan dengan pereaksi di bawah ini? (Petunjuk: alkuna juga mengikuti aturan Markovnikov)
 a. 1 mol gas Cl_2
 b. 2 mol gas Cl_2
 c. 2 mol gas HCl

Bab 6

Minyak Bumi dan Gas Alam



Tujuan Pembelajaran:

Setelah mempelajari bab ini, Anda diharapkan mampu:

1. Menjelaskan proses pembentukan minyak bumi dan gas alam.
2. Menjelaskan komponen-komponen utama penyusun minyak bumi.
3. Menafsirkan bagan penyulingan bertingkat untuk menjelaskan dasar dan teknik pemisahan fraksi-fraksi minyak bumi.
4. Membedakan kualitas bensin berdasarkan bilangan oktannya.
5. Menjelaskan penggunaan residu minyak bumi dalam industri petrokimia.
6. Menganalisis dampak pembakaran bahan bakar terhadap lingkungan.

Kata Kunci

Nonrenewable resources, distilasi fraksinasi, bensin, angka oktan, TEL, industri petrokimia, karbon dioksida, hujan asam, green house effect.

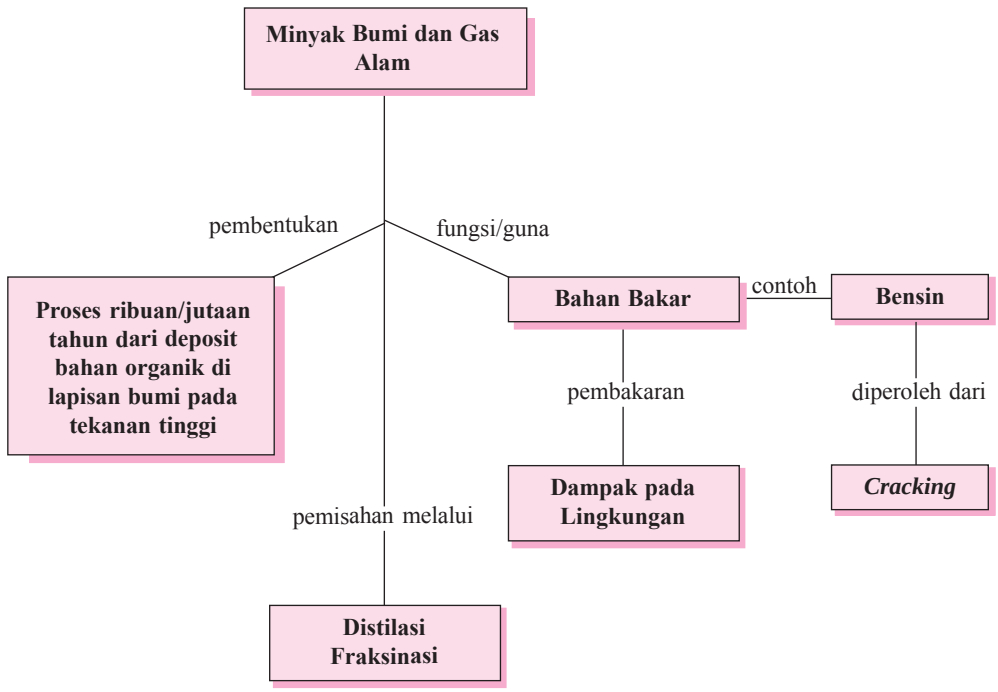
Pengantar

Dapatkah Anda membayangkan kehidupan kita tanpa minyak bumi? Tahukah Anda bahwa diperkirakan sekitar 20 tahun lagi cadangan minyak bumi Indonesia akan habis total dan Indonesia akan menjadi negara pengimpor minyak bumi? Mengapa akhir-akhir ini dunia diliputi kekhawatiran akan laju konsumsi minyak bumi yang semakin cepat? Mengapa sekarang ini di seluruh dunia sedang gencar-gencarnya mencari sumber energi alternatif pengganti minyak bumi? Sebenarnya apakah minyak bumi itu dan bagaimana terbentuknya di alam ini? Untuk mengetahui jawaban dari pertanyaan-pertanyaan tersebut di atas, silakan Anda ikuti pembahasan bab *Minyak bumi dan Gas alam* ini.

Sampai saat ini minyak bumi masih menjadi prioritas utama sebagai sumber energi, meskipun para ahli juga berupaya untuk mengembangkan alternatif energi selain minyak bumi, misalnya energi surya dan energi nuklir. Upaya para ahli tersebut mengingat minyak bumi termasuk di dalamnya gas alam, merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui (*nonrenewable resources*).

Peta Konsep

Minyak Bumi dan Gas Alam



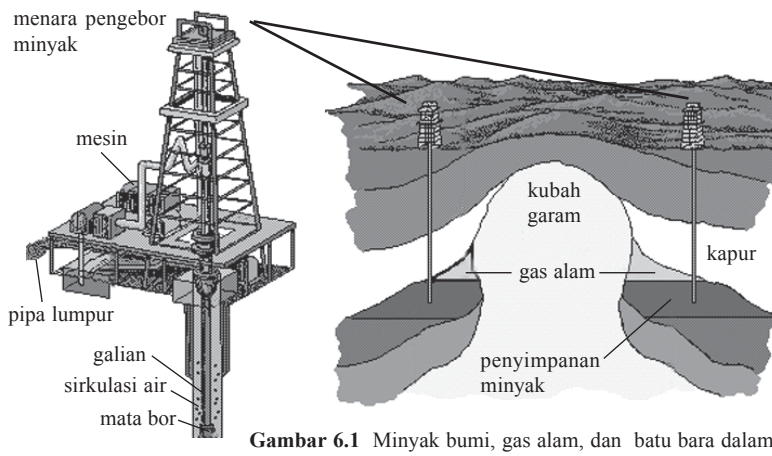
6.1 Pembentukan Minyak Bumi dan Gas Alam

Dalam bab ini Anda akan mempelajari proses pembentukan minyak bumi dan gas alam, komponen-komponen utama penyusun minyak bumi, teknik pemisahan fraksi-fraksi minyak bumi, ukuran kualitas bensin, penggunaan residu minyak bumi dalam industri petrokimia, dan analisis dampak pembakaran bahan bakar terhadap lingkungan.

Keberadaan minyak bumi di alam merupakan hasil pelapukan fosil-fosil tumbuhan dan hewan pada zaman purba jutaan tahun silam. Organisme-organisme tersebut kemudian dibusukkan oleh mikroorganisme dan kemudian terkubur dan terpendam dalam lapisan kulit bumi. Dengan tekanan dan suhu yang tinggi, maka setelah jutaan tahun lamanya, material tersebut berubah menjadi minyak yang terkumpul dalam pori-pori batu kapur atau batu pasir. Oleh karena pori-pori batu kapur bersifat kapiler, maka dengan prinsip kapilaritas, minyak bumi yang terbentuk tersebut perlahan-lahan bergerak ke atas. Ketika gerakan tersebut terhalang oleh batuan yang tidak berpori, maka terjadilah penumpukan minyak dalam batuan tersebut.

Itu sebabnya minyak bumi disebut sebagai petroleum (yang dalam bahasa Latin, *petrus* = batu dan *oleum* = minyak). Pada daerah lapisan bawah tanah yang

tak berpori tersebut dikenal dengan nama *antiklinal* atau *cekungan*. Daerah cekungan ini terdiri dari beberapa lapisan, lapisan yang paling bawah berupa air, lapisan di atasnya berisi minyak, sedang di atas minyak bumi tersebut terdapat rongga yang berisi gas alam. Jika cekungan mengandung minyak bumi dalam jumlah besar, maka pengambilan dilakukan dengan jalan pengeboran.
Proses pengeboran minyak bumi dan gas alam tersebut digambarkan sebagai berikut.



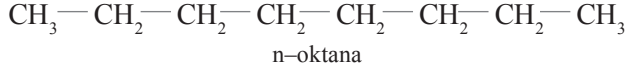
Gambar 6.1 Minyak bumi, gas alam, dan batu bara dalam minyak bumi. Sumber: Microsoft ® Encarta ® Reference Library 2006.

6.2 Komponen-komponen Minyak Bumi

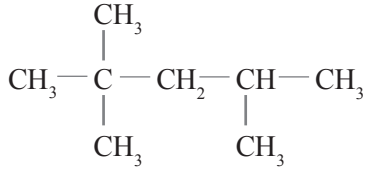
Minyak bumi merupakan campuran yang kompleks, yang komponen terbesarnya adalah hidrokarbon. Komponen-komponen minyak bumi sebagai berikut.

A. Golongan Alkana

Golongan alkana yang tidak bercabang terbanyak adalah n–oktana, sedang alkana bercabang terbanyak adalah isooktana (2,2,4–trimetilpentana).



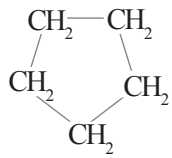
n–oktana



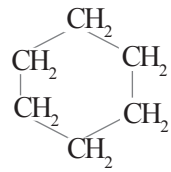
isooktana

B. Golongan Sikloalkana

Golongan sikloalkana yang terdapat pada minyak bumi adalah siklopentana dan sikloheksana.



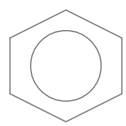
siklopentana



siklopentana

C. Golongan Hidrokarbon Aromatik

Golongan hidrokarbon aromatik yang terdapat dalam minyak bumi adalah benzena.



benzena

D. Senyawa-senyawa Lain

Senyawa-senyawa mikro yang lain, seperti senyawa belerang berkisar 0,01 – 7%, senyawa nitrogen berkisar 0,01 – 0,9%, senyawa oksigen berkisar 0,06 – 0,4%, dan mengandung sedikit senyawa organologam yang mengandung logam vanadium dan nikel.

Sementara itu sumber energi yang lain, yaitu gas alam memiliki komponen alkana suku rendah, yaitu metana, etana, propana, dan butana. Sebagai komponen terbesarnya adalah metana. Dalam gas alam, selain mengandung alkana, terkandung juga di dalamnya berbagai gas lain, yaitu karbon dioksida (CO_2) dan hidrogen sulfida (H_2S), meskipun beberapa sumur gas alam yang lain ada juga yang mengandung helium. Dalam gas alam ini, metana digunakan sebagai bahan bakar, sumber hidrogen, dan untuk pembuatan metanol. Etana yang ada dipisahkan untuk keperluan industri, sedangkan propana dan butana juga dipisahkan, dan kemudian dicairkan untuk bahan bakar yang dikenal dengan nama LPG (*Liquid Petroleum Gas*) yang biasa digunakan untuk bahan bakar kompor gas rumah tangga.

6.3 Teknik Pengolahan Minyak Bumi

Di Indonesia, sumber minyak bumi terdapat di daerah-daerah Aceh, Sumatra Utara, Riau, Irian Jaya, Kalimantan, dan sebagian ada di pulau Jawa, yaitu Cepu dan beberapa daerah lain. Biasanya kandungan minyak bumi ini ada pada 3 – 4 km di bawah permukaan tanah. Untuk itu proses pengambilannya dengan menggunakan sumur-sumur bor yang sengaja dibuat. Beberapa di antaranya karena sumber minyak bumi ada di dasar laut, maka pengeboran dilakukan di laut. Minyak mentah yang dihasilkan ditampung dalam kapal tanker atau dialirkan melalui pipa ke stasiun tangki atau kilang minyak.

Minyak mentah atau yang biasa disebut dengan *crude oil* ini berbentuk cairan kental hitam dan berbau kurang sedap, yang selain mengandung kotoran, juga mengandung mineral-mineral yang larut dalam air. Minyak ini belum dapat digunakan untuk bahan bakar atau berbagai keperluan lainnya, tetapi harus melalui pengolahan terlebih dahulu. Minyak mentah ini mengandung sekitar 500 jenis hidrokarbon dengan jumlah atom karbon 1 – 50.

Pada prinsipnya pengolahan minyak bumi dilakukan dengan dua langkah, yaitu desalting dan distilasi.

A. Desalting

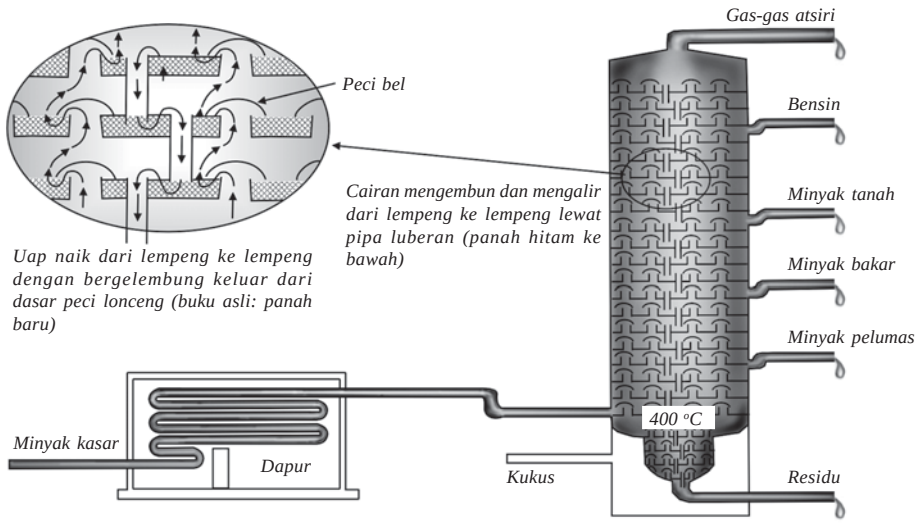
Proses desalting merupakan proses penghilangan garam yang dilakukan dengan cara mencampurkan minyak mentah dengan air, tujuannya adalah untuk melarutkan zat-zat mineral yang larut dalam air.

Pada proses ini juga ditambahkan asam dan basa dengan tujuan untuk menghilangkan senyawa-senyawa selain hidrokarbon. Setelah melalui proses desalting, maka selanjutnya minyak akan menjalani proses distilasi.

B. Distilasi

Minyak mentah yang telah melalui proses desalting kemudian diolah lebih lanjut dengan proses *distilasi bertingkat*, yaitu cara pemisahan campuran berdasar perbedaan titik didih.

Fraksi-fraksi yang diperoleh dari proses distilasi bertingkat ini adalah campuran hidrokarbon yang mendidih pada interval (*range*) suhu tertentu. Proses distilasi bertingkat dan fraksi yang dihasilkan dari distilasi bertingkat tersebut dapat digambarkan sebagai berikut.



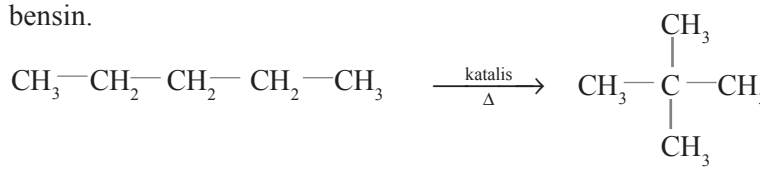
Gambar 6.2 Diagram menara fraksionasi (distilasi bertingkat) untuk penyulingan minyak bumi. Pandangan irisan menunjukkan bagaimana fasa uap dan cairan dijaga agar selalu kontak satu sama lain, sehingga pengembunan dan penyulingan berlangsung menyeluruh sepanjang kolom.

Tabel 6.1 Fraksi Hidrokarbon yang Diperoleh dari Distilasi Bertingkat

Fraksi	Jumlah Atom C	Titik Didih	Kegunaan
Gas	$C_1 - C_5$	–164 °C – 30 °C	bahan bakar gas
Eter petroleum	$C_5 - C_7$	30 °C – 90 °C	pelarut, binatu kimia
Bensin	$C_5 - C_{12}$	30 °C – 200 °C	bahan bakar motor
Minyak tanah	$C_{12} - C_{16}$	175 °C – 275 °C	minyak lampu, bahan bakar kompor
Minyak gas, bakar, dan diesel	$C_{15} - C_{18}$	250 °C – 400 °C	bahan bakar mesin diesel
Minyak-minyak pelumas, gemuk, jeli petroleum	C_{16} ke atas	350 °C ke atas	pelumas
Parafin (lilin)	C_{20} ke atas	meleleh 52 °C – 57 °C	lilin gereja, pengendapan air bagi kain, korek api,dan pengawetan
Ter		residu	aspal buatan
Kokas petroleum		residu	bahan bakar, elektrode

Fraksi-faksi yang didapatkan setelah proses distilasi selanjutnya diolah lebih lanjut dengan proses reforming, polimerisasi, treating, dan blending.

1. Reforming
 Reforming merupakan suatu cara pengubahan bentuk, yaitu dari rantai lurus menjadi bercabang. Proses ini digunakan untuk meningkatkan mutu bensin.



2. Polimerisasi
 Polimerisasi merupakan suatu cara penggabungan monomer (molekul-molekul sederhana) menjadi molekul-molekul yang lebih kompleks.
3. Treating
 Treating merupakan proses penghilangan kotoran pada minyak bumi.
4. Blending
 Blending merupakan proses penambahan zat aditif.

6.4 Bensin

A. Kualitas Bensin

Salah satu hasil pengolahan distilasi bertingkat minyak bumi adalah bensin, yang dihasilkan pada kisaran suhu 30 °C – 200 °C. Bensin yang dihasilkan dari distilasi bertingkat disebut bensin distilat langsung (*straight run gasoline).* Bensin merupakan campuran dari isomer-isomer heptana (C_7H_{16}) dan oktana (C_8H_{18}). Bensin biasa juga disebut dengan *petrol* atau *gasolin*. Sebenarnya fraksi bensin merupakan produk yang dihasilkan dalam jumlah yang sedikit. Namun demikian karena bensin merupakan salah satu bahan bakar yang paling banyak digunakan orang untuk bahan bakar kendaraan bermotor, maka dilakukan upaya untuk mendapatkan bensin dalam jumlah yang besar. Cara yang dilakukan adalah dengan proses *cracking* (pemutusan hidrokarbon yang rantainya panjang menjadi hidrokarbon rantai pendek). Minyak bumi dipanaskan sampai suhu 800 °C, sehingga rantai hidrokarbon yang kurang begitu dibutuhkan dapat dipecah menjadi rantai pendek, sesuai rantai pada fraksi bensin (Keenan, Kleinfelter, Wood, 1992).

Mutu atau kualitas bensin ditentukan oleh persentase isooktana yang terkandung di dalamnya atau yang biasa disebut sebagai *bilangan oktan*. Dikatakan kualitas bensin ditentukan oleh isooktana (2,2,4–trimetilpentana), hal ini terkait dengan efisiensi oksidasi yang dilakukan oleh bensin terhadap mesin kendaraan. Efisiensi energi yang tinggi diperoleh dari bensin yang memiliki rantai karbon yang bercabang banyak. Adanya komponen bensin berantai lurus menghasilkan energi yang kurang efisien, artinya banyak energi yang terbuang sebagai panas bukan sebagai kerja mesin, dan hal ini menyebabkan terjadinya *knocking* atau ketukan pada mesin. Ketukan pada mesin ini menyebabkan mesin menjadi cepat rusak. Bensin premium memiliki bilangan oktan 82, sedangkan bensin super memiliki bilangan oktan 98.

Untuk meningkatkan bilangan oktan bensin, ditambahkan satu zat yang disebut TEL (*tetraetil lead)* atau tetraetil timbal. Penambahan TEL dalam konsentrasi sampai 0,01% ke dalam bensin dapat menaikkan bilangan oktan, sehingga ketukan pada mesin dapat dikurangi. Namun demikian penggunaan TEL ini memberikan dampak yang tidak baik bagi kesehatan manusia. Hal ini disebabkan karena gas buang kendaraan bermotor yang bahan bakarnya mengandung TEL, menghasilkan partikel-partikel timbal. Partikel timbal yang terisap oleh manusia dalam kadar yang cukup tinggi, menyebabkan terganggunya enzim pertumbuhan. Akibatnya bagi anak-anak adalah berat badan yang berkurang disertai perkembangan sistem syaraf yang lambat. Pada orang dewasa, partikel timbal ini menyebabkan hilangnya selera makan, cepat lelah, dan rusaknya saluran pernapasan. Untuk itu sekarang sedang digalakkan penggunaan bensin tanpa timbal, yaitu dengan mengganti TEL dengan MTBE (*metil tersier butil eter*), yang memiliki fungsi sama untuk meningkatkan bilangan oktan, tetapi tidak melepaskan timbal di udara.

Latihan 6.1

1. Jelaskan proses pembentukan minyak bumi dan gas alam!
2. Sebutkan senyawa-senyawa hidrokarbon yang terdapat dalam minyak bumi!
3. Sebutkan komponen-komponen dalam gas alam!
4. Sebutkan kegunaan gas alam!
5. Apa yang Anda ketahui tentang *crude oil*?
6. Sebutkan fraksi-fraksi hasil penyulingan bertingkat minyak bumi!
7. Jelaskan komponen-komponen dalam bensin!
8. Bagaimana cara memproduksi bensin dalam jumlah yang besar?
9. Apa yang dimaksud dengan bilangan oktan?
10. Bagaimana cara menaikkan bilangan oktan?

B. Penggunaan Residu dalam Industri Petrokimia

Berbagai produk bahan yang dihasilkan dari produk petrokimia dewasa ini banyak ditemukan. *Petrokimia* adalah bahan-bahan atau produk yang dihasilkan dari minyak dan gas bumi. Bahan-bahan petrokimia tersebut dapat digolongkan ke dalam plastik, serat sintetis, karet sintetis, pestisida, detergen, pelarut, pupuk, berbagai jenis obat maupun vitamin.

1. Bahan Dasar Petrokimia

Terdapat tiga bahan dasar yang digunakan dalam industri petrokimia, yaitu olefin, aromatika, dan gas sintetis (*syn-gas*). Untuk memperoleh produk petrokimia dilakukan dengan tiga tahapan, yaitu:

a. Mengubah minyak dan gas bumi menjadi bahan dasar petrokimia.
b. Mengubah bahan dasar menjadi produk antara.
c. Mengubah produk antara menjadi produk akhir.

a. Olefin (alkena-alkena)

Olefin merupakan bahan dasar petrokimia yang paling utama. Produksi olefin di seluruh dunia mencapai milyaran kg per tahun. Di antara olefin yang paling banyak diproduksi adalah etilena (etena), propilena (propena), dan butadiena.

Beberapa produk petrokimia yang menggunakan bahan dasar etilena adalah:

1) Polietilena, merupakan plastik yang paling banyak diproduksi, plastik ini banyak digunakan sebagai kantong plastik dan plastik pembungkus (sampul). Di samping polietilena sebagai bahan dasar, plastik dari polietilena ini juga mengandung beberapa bahan tambahan, yaitu bahan pengisi, plasticer, dan pewarna.
2) PVC atau polivinilklorida, juga merupakan plastik yang digunakan pada pembuatan pipa pralon dan pelapis lantai.

3) Etanol, merupakan bahan yang sehari-hari dikenal dengan nama alkohol. Digunakan sebagai bahan bakar atau bahan antara untuk pembuatan produk lain, misalnya pembuatan asam asetat.
4) Etilena glikol atau glikol, digunakan sebagai bahan antibeku dalam radiator mobil di daerah beriklim dingin.

Beberapa produk petrokimia yang menggunakan bahan dasar propilena adalah:
1) Polipropilena, digunakan sebagai karung plastik dan tali plastik. Bahan ini lebih kuat dari polietilena.
2) Gliserol, digunakan sebagai bahan kosmetika (pelembab), industri makanan, dan bahan untuk membuat peledak (nitrogliserin).
3) Isopropil alkohol, digunakan sebagai bahan-bahan produk petrokimia yang lain, misalnya membuat aseton.

Beberapa produk petrokimia yang menggunakan bahan dasar butadiena adalah:
1) Karet sintetis
2) Nilon

b. Aromatika

Pada industri petrokimia, bahan aromatika yang terpenting adalah benzena, toluena, dan xilena. Beberapa produk petrokimia yang menggunakan bahan dasar benzena adalah:
1) Stirena, digunakan untuk membuat karet sintetis.
2) Kumena, digunakan untuk membuat fenol.
3) Sikloheksana, digunakan untuk membuat nilon.

Beberapa produk petrokimia yang menggunakan bahan dasar toluena dan xilena adalah:
1) Bahan peledak, yaitu trinitrotoluena (TNT)
2) Asam tereftalat, merupakan bahan dasar pembuatan serat.

c. *Syn-Gas* (Gas Sintetis)

Gas sintetis ini merupakan campuran dari karbon monoksida (CO) dan hidrogen (H_2). Beberapa produk petrokimia yang menggunakan bahan dasar gas sintetis adalah:
1) Amonia (NH_3), yang dibuat dari gas nitrogen dan gas hidrogen. Pada industri petrokimia, gas nitrogen diperoleh dari udara sedangkan gas hidrogen diperoleh dari gas sintetis.
2) Urea ($CO(NH_2)_2$), dibuat dari amonia dan gas karbon dioksida. Selain sebagai pupuk, urea juga digunakan pada industri perekat, plastik, dan resin.
3) Metanol (CH_3OH), dibuat dari gas sintetis melalui pemanasan pada suhu dan tekanan tinggi dengan bantuan katalis. Sebagian metanol digunakan dalam pembuatan formaldehida, dan sebagian lagi digunakan untuk membuat serat dan campuran bahan bakar.

4) Formaldehida (HCHO), dibuat dari metanol melalui oksidasi dengan bantuan katalis. Formaldehida yang dilarutkan dalam air dikenal dengan nama formalin, yang berfungsi sebagai pengawet *specimen* biologi. Sementara penggunaan lainnya adalah untuk membuat resin urea-formaldehida dan lem.

Latihan 6.2

1. Apakah yang dimaksud dengan petrokimia? Sebutkan contohnya!
2. Sebutkan bahan dasar dalam industri petrokimia!
3. Sebutkan contoh olefin yang paling banyak diproduksi!
4. Sebutkan beberapa produk petrokimia yang menggunakan bahan dasar etilena!
5. Sebutkan beberapa produk petrokimia yang menggunakan bahan dasar propilena!
6. Sebutkan beberapa produk petrokimia yang menggunakan bahan dasar butadiena!
7. Sebutkan beberapa produk petrokimia yang menggunakan bahan dasar benzena!
8. Sebutkan beberapa produk petrokimia yang menggunakan bahan dasar toluena dan xilena!
9. Apa yang Anda ketahui tentang *syn-gas*?
10. Sebutkan beberapa produk petrokimia yang menggunakan bahan dasar gas sintetis!

C. Dampak Pembakaran Bahan Bakar terhadap Lingkungan

Pernahkah Anda pergi berwisata ke daerah pegunungan? Dapatkah Anda merasakan kesegaran alamnya? Samakah dengan yang Anda rasakan sewaktu berada di daerah perkotaan, terutama di jalan raya? Dapatkah di jalan raya Anda menghirup udara dengan nyaman dan terasa segar? Di jalan raya sering kita merasakan udara yang panas ditambah lagi dengan asap kendaraan bermotor yang terpaksa harus kita hisap. Tahukah Anda bahwa asap kendaraan yang kita hisap itu sangat berbahaya bagi kesehatan kita? Tahukah Anda bahwa udara panas di daerah perkotaan itu juga disebabkan karena pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor, di samping asap dari pabrik? Berikut ini akan kita bahas bersama tentang gas-gas hasil pembakaran minyak bumi yang sangat membahayakan kesehatan manusia.

1. Karbon Monoksida (CO)

Gas karbon monoksida adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan tidak merangsang. Hal ini menyebabkan keberadaannya sulit dideteksi. Padahal gas ini sangat berbahaya bagi kesehatan karena pada kadar rendah dapat menimbulkan sesak napas dan pucat. Pada kadar yang lebih tinggi dapat menyebabkan pingsan dan pada kadar lebih dari 1.000 ppm dapat menimbulkan kematian. Gas CO ini berbahaya karena dapat membentuk senyawa dengan hemoglobin membentuk HbCO, dan ini merupakan racun bagi darah. Oleh karena yang diedarkan ke seluruh tubuh termasuk ke otak bukannya HbO, tetapi justru HbCO.

Keberadaan HbCO ini disebabkan karena persenyawaan HbCO memang lebih kuat ikatannya dibandingkan dengan HbO. Hal ini disebabkan karena afinitas HbCO lebih kuat 250 kali dibandingkan dengan HbO. Akibatnya Hb sulit melepas CO, sehingga tubuh bahkan otak akan mengalami kekurangan oksigen. Kekurangan oksigen dalam darah inilah yang akan menyebabkan terjadinya sesak napas, pingsan, atau bahkan kematian.

Sumber keberadaan gas CO ini adalah pembakaran yang tidak sempurna dari bahan bakar minyak bumi. Salah satunya adalah pembakaran bensin, di mana pada pembakaran yang terjadi di mesin motor, dapat menghasilkan pembakaran tidak sempurna dengan reaksi sebagai berikut.

$$2\ C_8H_{18}(g) + 17\ O_2(g) \longrightarrow 16\ CO(g) + 18\ H_2O(g)$$

Sumber lain yang menyebabkan terjadinya gas CO, selain pembakaran tidak sempurna bensin adalah pembakaran tidak sempurna yang terjadi pada proses industri, pembakaran sampah, pembakaran hutan, kapal terbang, dan lain-lain. Namun demikian, penyebab utama banyaknya gas CO di udara adalah pembakaran tidak sempurna dari bensin, yang mencapai 59%.

Sekarang ini para ahli mencoba mengembangkan alat yang berfungsi untuk mengurangi banyaknya gas CO, dengan merancang alat yang disebut *catalytic converter,* yang berfungsi mengubah gas pencemar udara seperti CO dan NO menjadi gas-gas yang tidak berbahaya, dengan reaksi:

$$2\ CO(g) + O_2(g) \xrightarrow{\text{Katalis (Ni)}} 2\ CO_2(g)$$

$$2\ NO_2(g) \xrightarrow{\text{Katalis (Ni)}} N_2(g) + 2\ O_2(g)$$

2. Karbon Dioksida (CO_2)

Sebagaimana gas CO, maka gas karbon dioksida juga mempunyai sifat tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak merangsang. Gas CO_2 merupakan hasil pembakaran sempurna bahan bakar minyak bumi maupun batu bara. Dengan semakin banyaknya jumlah kendaraan bermotor dan semakin banyaknya jumlah pabrik, berarti meningkat pula jumlah atau kadar CO_2 di udara kita.

Keberadaan CO_2 yang berlebihan di udara memang tidak berakibat langsung pada manusia, sebagaimana gas CO. Akan tetapi berlebihnya kandungan CO_2 menyebabkan sinar inframerah dari matahari diserap oleh bumi dan benda-benda di sekitarnya. Kelebihan sinar inframerah ini tidak dapat kembali ke atmosfer karena terhalang oleh lapisan CO_2 yang ada di atmosfer. Akibatnya suhu di bumi menjadi semakin panas. Hal ini menyebabkan suhu di bumi, baik siang maupun malam hari tidak menunjukkan perbedaan yang berarti atau bahkan dapat dikatakan sama. Akibat yang ditimbulkan oleh berlebihnya kadar CO_2 di udara ini dikenal sebagai efek rumah kaca atau *green house effect*.

Untuk mengurangi jumlah CO_2 di udara maka perlu dilakukan upaya-upaya, yaitu dengan penghijauan, menanam pohon, memperbanyak taman kota, serta pengelolaan hutan dengan baik.



Gambar 6.3 Pembakaran hutan menyebabkan pencemaran udara karena menghasilkan polutan CO_2. Sumber: Microsoft ® Encarta ® Reference Library 2005

3. Oksida Belerang (SO_2 dan SO_3)

Gas belerang dioksida (SO_2) mempunyai sifat tidak berwarna, tetapi berbau sangat menyengat dan dapat menyesakkan napas meskipun dalam kadar rendah. Gas ini dihasilkan dari oksidasi atau pembakaran belerang yang terlarut dalam bahan bakar miyak bumi serta dari pembakaran belerang yang terkandung dalam bijih logam yang diproses pada industri pertambangan. Penyebab terbesar berlebihnya kadar oksida belerang di udara adalah pada pembakaran batu bara.

Akibat yang ditimbulkan oleh berlebihnya oksida belerang memang tidak secara langsung dirasakan oleh manusia, akan tetapi menyebabkan terjadinya hujan asam. Proses terjadinya hujan asam dapat dijelaskan dengan reaksi berikut.

a. Pembentukan asam sulfit di udara lembap

$$SO_2(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2SO_3(aq)$$

b. Gas SO_2 dapat bereaksi dengan oksigen di udara

$$2\ SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\ SO_3(g)$$

c. Gas SO_3 mudah larut dalam air, di udara lembap membentuk asam sulfat yang lebih berbahaya daripada SO_2 dan H_2SO_3

$$2\ SO_3(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2SO_4(aq)$$

Hujan yang banyak mengandung asam sulfat ini memiliki *p*H < 5, sehingga menyebabkan sangat korosif terhadap logam dan berbahaya bagi kesehatan. Di samping menyebabkan hujan asam, oksida belerang baik SO_2 maupun SO_3 yang terserap ke dalam alat pernapasan masuk ke paru-paru juga akan membentuk asam sulfit dan asam sulfat yang sangat berbahaya bagi kesehatan pernapasan, khususnya paru-paru.

4. Oksida Nitrogen (NO dan NO_2)

Gas nitrogen monoksida memiliki sifat tidak berwarna, yang pada konsentrasi tinggi juga dapat menimbulkan keracunan. Di samping itu, gas oksida nitrogen juga dapat menjadi penyebab hujan asam.

Keberadaan gas nitrogen monoksida di udara disebabkan karena gas nitrogen ikut terbakar bersama dengan oksigen, yang terjadi pada suhu tinggi. Reaksinya adalah:

$$N_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2\,NO(g)$$

Pada saat kontak dengan udara, maka gas NO akan membentuk gas NO_2 dengan reaksi sebagai berikut.

$$2\,NO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2(g)$$

Gas NO_2 merupakan gas beracun, berwarna merah cokelat, dan berbau seperti asam nitrat yang sangat menyengat dan merangsang. Keberadaan gas NO_2 lebih dari 1 ppm dapat menyebabkan terbentuknya zat yang bersifat karsinogen atau penyebab terjadinya kanker. Jika menghirup gas NO_2 dalam kadar 20 ppm akan dapat menyebabkan kematian.

Sebagai pencegahan maka di pabrik atau motor, bagian pembuangan asap ditambahkan katalis logam nikel yang berfungsi sebagai konverter. Prinsip kerjanya adalah mengubah gas buang yang mencemari menjadi gas yang tidak berbahaya bagi lingkungan maupun kesehatan manusia. Proses pengubahan tersebut dapat dilihat pada reaksi berikut.

$$2\,NO_2(g) \xrightarrow{\text{Katalis Ni}} N_2(g) + 2\,O_2(g)$$

Latihan 6.3

1. Jelaskan sifat-sifat gas karbon monoksida!
2. Jelaskan bahaya gas CO bagi manusia!
3. Jelaskan asal gas CO!
4. Jelaskan asal gas CO_2!
5. Jelaskan dampak pencemaran udara oleh CO_2!
6. Bagaimana cara mengurangi pencemaran udara oleh CO_2?
7. Jelaskan proses terjadinya hujan asam!
8. Jelaskan akibat hujan asam!
9. Jelaskan sal gas NO dan NO_2 di udara!
10. Sebutkan akibat pencemaran NO dan NO_2!

Kimia di Sekitar Kita

Biodiesel, Bahan Bakar Olahan Minim Polusi

Palm atau minyak sawit biasanya dikenal sebagai minyak masak atau minyak goreng. Namun siapa sangka kalau minyak sawit juga mampu dimanfaatkan sebagai bahan bakar minyak bumi pengganti solar.

Seperti yang dilakukan Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), secara solutif mampu sedikitnya meringankan beban PT Pertamina yang terus-menerus memasok solar. Penelitian ini sudah teruji pada sejumlah kendaraan diesel berbahan bakar solar. Seperti pada mesin traktor bahkan pada mobil produksi massal. Kendaraan tersebut telah diuji coba dan terbukti mampu melaju dengan menggunakan campuran minyak sawit dan solar.

"Palm diesel ini sebenarnya berasal dari minyak sawit yang dibuat dengan cara esterifikasi minyak sawit dengan metanol menggunakan katalis pada kondisi tertentu. Spesifikasi teknis dari biodiesel minyak sawit ini juga memenuhi standar ASTM PS 121 dan sesuai dengan bahan diesel dari minyak bumi atau petrodiesel," kata Direktur PPKS Medan, Dr. Ir. Witjaksana Darmosarkoro.

Sementara itu menurut salah seorang peneliti dan pengembang biodisel, Dr. Ir. Tjahjono Herawan, M. Sc, bagi pengguna mobil diesel, biodiesel ini memberikan banyak keuntungan. Meskipun setelah diteliti ternyata biodiesel lebih boros 5% dibanding solar, namun dari segi kesehatan biodiesel mampu menjaga lapisan ozon. Sedangkan dari penggunaan biodiesel bagi kendaraan, setidaknya dalam satu liter biodiesel mampu menggerakkan mesin mobil sejauh 12 km. "Jika kami jual, harga bahan bakar ini diperkirakan mencapai Rp5.500,00 sampai Rp5.700,00. Jangan dilihat dari segi mahalnya, tapi lihatlah efeknya bagi lingkungan," tuturnya.

Diungkapkan Tjahjono, selama ini biodiesel digunakan sebagai bahan campuran minyak solar. Hal ini dikarenakan minyak sawit memiliki sifat melarutkan karet alam, seperti yang terdapat pada selang karet bahan bakar serta karet mesin. "Untuk itulah kami hanya memberikan persentase skala 10 antara campuran keduanya, yakni 9 : 1. Sembilan untuk solar sementara biodiesel minyak sawit hanya satu,"ungkapnya.

Sumber: *Solopos, 12 Maret 2006*

Kimia di Sekitar Kita

Jarak Pagar Lebih Fleksibel dari Kelapa Sawit



Gambar 6.4 Biji buah jarak pagar (*Jathropa curcas*) kaya minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel. Sumber: Kompas 15 Pebruari 2006.

Jarak pagar (Jathropa curcas) menjadi sangat populer ketika muncul sebagai energi alternatif ramah lingkungan. Biji-bijinya mampu menghasilkan minyak campuran untuk solar. Selain dari jarak pagar, pada dasarnya minyak yang dihasilkan dari tumbuh-tumbuhan dapat dijadikan bahan campuran solar, misalnya kelapa sawit atau kedelai.

Dari percobaan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), campuran solar dan minyak nabati (biodiesel) memiliki nilai *cetane* (oktan pada bensin) lebih tinggi daripada solar murni. Solar yang dicampur dengan minyak nabati menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna daripada solar murni, sehingga emisi lebih aman bagi lingkungan.

"Jika solar murni nilai angka *cetane*-nya sekitar 47, biodiesel antara 60 hingga 62," kata Sony Solistia Wirawan, Kepala Balai Rekayasa Desain dan Sistem Teknologi BPPT di Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Serpong, Selasa (14/2). Dalam satu liter bahan bakar, komposisi minyak nabati yang dapat digunakan baru 30 persen agar tidak mengganggu mesin yang dipakai kendaraan sekarang. Menurutnya, di beberapa negara maju, biodiesel bahkan telah digunakan 100 persen dengan modifikasi mesin. Bahan-bahan dari karet diganti dengan sintesis viton yang tahan minyak.

Meskipun percobaan baru dilakukan untuk minyak nabati dari bahan kepala sawit, menurut Sony, hal tersebut dapat dilakukan juga untuk minyak jarak. Minyak mentah hasil perasan biji kering akan diolah dengan proses trans-esterifikasi menggunakan metanol untuk memisahkan air. Reaksi tersebut tergolong sederhana dan hanya diperlukan sekitar 10 persen metanol. Hampir 100 persen minyak dapat dimurnikan, bahkan menghasilkan produk samping gliserol yang juga bernilai ekonomi.

"Secara teknis prosesnya tidak jauh berbeda dengan pengolahan minyak goreng," katanya. Hanya saja, pasokan bahan baku minyak nabati jumlahnya masih terbatas. Kelapa sawit masih ekonomis diolah menjadi minyak goreng, meskipun minyak mentahnya (CPO) yang berkualitas rendah berpotensi untuk diolah menjadi biodiesel.

Jika dibandingkan, jarak pagar mungkin lebih berpotensi daripada kelapa sawit. Jarak pagar yang dapat ditemukan di berbagai wilayah Indonesia baru digunakan sebagai pagar hidup. Tumbuhan bergetah ini dapat tumbuh di mana saja, hidup di berbagai kondisi tanah, dan tahan kekeringan, tidak seperti kelapa sawit, yang membutuhkan lahan khusus, ketinggian daerah, dan faktor iklim tertentu. Oleh karena itu, para peneliti BPPT berharap bahwa pengembangan jarak pagar tidak diarahkan untuk merelokasi lahan subur, namun memberdayakan lahan kritis.

Sumber: *Kompas, 15 Februari 2006*

Tugas Kelompok

Diskusikan dengan kelompok.

1. Apakah yang dimaksud dengan biodiesel?
2. Apakah kelebihan dan kelemahan biodiesel dari minyak sawit?
3. Bagaimana cara pembuatan biodiesel dari minyak sawit?
4. Apakah kelebihan biodiesel dari tanaman jarak?
5. Bagaimana cara pembuatan biodiesel dari tanaman jarak pagar?
6. Manakah yang lebih baik nilai oktannya pada biodiesel atau solar murni? Jelaskan alasan Anda!

Rangkuman

1. Minyak bumi merupakan salah satu senyawa hidrokarbon yang sangat penting. Minyak bumi diperoleh dari proses pembusukan mikroorganisme di laut yang terbentuk jutaan tahun yang lalu.
2. Proses pengolahan minyak bumi menjadi bahan bakar dan berbagai produk petrokimia yang lain dilakukan dengan distilasi bertingkat.
3. Salah satu hasil distilasi minyak bumi yang penggunaannya sangat besar adalah bensin. Pada bensin, kualitasnya ditentukan oleh bilangan oktan, yaitu bilangan yang menyatakan perbandingan antara isooktana dan normal heptana. Peningkatan bilangan oktan biasa dilakukan dengan penambahan *tetraetyl lead* (TEL) dan *metil tersier butil eter* (MTBE).
4. Beberapa zat kimia yang sering menjadi bahan pencemar udara adalah karbon monoksida (CO), karbon dioksida(CO_2), oksida belerang, oksida nitrogen, hidrokarbon, dan partikel padat.
5. Karbon monoksida merupakan pencemar udara yang sangat berbahaya karena dapat berikatan dengan hemoglobin membentuk HbCO, yang merupakan racun dalam darah.
6. Karbon dioksida merupakan bahan pencemar udara yang mengakibatkan terjadinya efek rumah kaca (*green house effect*), yang menyebabkan suhu udara menjadi lebih tinggi.
7. Oksida belerang dan oksida nitrogen merupakan penyebab terjadinya hujan asam, yang dapat merusak hutan dan benda-benda logam serta marmer karena sifatnya yang korosif.

Uji Kompetensi

I. Berilah tanda silang (X) huruf A, B, C, D, atau E pada jawaban yang paling benar!

1. Senyawa berikut yang ***bukan*** merupakan minyak bumi adalah
 A. nafta
 B. kerosin
 C. bensin
 D. aspal
 E. keton
2. Cara yang digunakan untuk memisahkan fraksi-fraksi minyak bumi adalah
 A. distilasi
 B. ekstraksi
 C. sublimasi
 D. dekantasi
 E. adisi
3. Fraksi minyak bumi yang dihasilkan pada suhu 30 °C – 200 °C adalah
 A. kerosin
 B. LPG
 C. bensin
 D. nafta
 E. petroleum
4. Yang merupakan penentu kualitas bensin adalah
 A. isooktana
 B. isobutana
 C. heksana
 D. isopentana
 E. propana
5. Fraksi-fraksi minyak bumi berikut yang disusun berdasarkan urutan kenaikan titik didih adalah
 A. bensin, nafta, LPG
 B. nafta, kerosin, solar
 C. kerosin, nafta, solar
 D. solar, kerosin, nafta
 E. solar, nafta, kerosin
6. Zat yang ditambahkan dalam bensin untuk meningkatkan mutu bensin adalah
 A. TEL
 B. kerosin
 C. nafta
 D. LPG
 E. eter
7. Bilangan oktan dari pertamax adalah
 A. 80
 B. 86
 C. 88
 D. 90
 E. 92
8. Konversi minyak bumi menjadi bensin dilakukan dengan cara
 A. *reforming*
 B. *blending*
 C. *cracking*
 D. adisi
 E. substitusi
9. TEL yang digunakan sebagai zat aditif pada bensin, dianggap berbahaya karena dapat menyebabkan
 A. pencemaran CO
 B. pencemaran CO_2
 C. pencemaran timbal
 D. pencemaran NO
 E. hujan asam

10. Fraksi minyak bumi yang biasa digunakan pada binatu kimia adalah
 A. nafta
 B. kerosin
 C. LPG
 D. parafin
 E. petroleum eter
11. Berikut ini yang ***bukan*** hasil dari industri petrokimia adalah
 A. detergen
 B. plastik
 C. pupuk
 D. asbes
 E. karet
12. Olefin dapat diperoleh dari alkana melalui proses
 A. adisi
 B. kondensasi
 C. substitusi
 D. *cracking*
 E. *blending*
13. Aromatika sebagai bahan dasar industri petrokimia dapat dibuat dari nafta dengan cara
 A. *reforming*
 B. *blending*
 C. *cracking*
 D. adisi
 E. substistusi
14. PVC adalah salah satu produk industri petrokimia berasal dari bahan dasar
 A. etilena
 B. aromatika
 C. *syn-gas*
 D. propilena
 E. benzena
15. Produk petrokimia yang berbahan dasar toluena dan xilena adalah
 A. nilon
 B. karet
 C. TNT
 D. pralon
 E. etanol
16. Hasil pembakaran tidak sempurna dari minyak bumi adalah
 A. CO_2
 B. CO
 C. NO
 D. NH_3
 E. NO_2
17. Berlebihnya karbon dioksida di udara merupakan penyebab
 A. hujan asam
 B. asbut
 C. kematian biota air
 D. efek rumah kaca
 E. kerusakan hutan
18. Pencemar yang menyebabkan terjadinya hujan asam adalah
 A. CO_2
 B. SO_2
 C. CO
 D. NH_3
 E. Cl_2
19. Gas CO lebih berbahaya dari CO_2. Hal ini disebabkan karena
 A. tidak berbau
 B. penyebab hujan asam
 C. sangat reaktif
 D. tidak berwarna
 E. bereaksi dengan Hb membentuk HbCO

20. Yang menyebabkan terjadinya asap kabut adalah campuran
 a. CO dan CO_2
 b. NH_3 dan NO
 c. SO_2 dan SO_3
 d. NO dan NO_2
 e. SO_2 dan NO

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Penggunaan TEL sebagai bahan aditif berguna untuk meningkatkan kualitas bensin, sehingga mengurangi ketukan pada mesin dan membuat mesin kendaraan awet, tetapi dilarang penggunaannya. Jelaskan alasan pelarangan penggunaan TEL sebagai bahan aditif bensin dan berikan alternatif bahan aditif yang lain untuk meningkatkan kualitas bensin!
2. Jelaskan tiga tahapan yang digunakan dalam proses industri petrokimia dan tiga jenis bahan dasar yang digunakan dalam industri petrokimia!
3. Pencemaran yang disebabkan oleh pembakaran tidak sempurna bahan bakar kendaraan bermotor dianggap lebih berbahaya daripada pencemaran yang disebabkan oleh pembakaran sempurna bahan bakar tersebut. Jelaskan alasannya!
4. Salah satu cara mengurangi bahan pencemar yang berasal dari asap kendaraan bermotor adalah memasang *catalytic converter* pada knalpot kendaraan. Jelaskan peranan *catalytic converter* tersebut!
5. Bagaimana proses terjadinya efek rumah kaca atau *green house effect*?

Latihan Ulangan Umum Semester 2

Pilih satu jawaban paling benar di antara pilihan jawaban A, B, C, D, atau E! Untuk soal yang memerlukan hitungan, jawablah dengan uraian jawaban beserta cara mengerjakannya!

1. Suatu larutan dapat menghantarkan listrik dengan baik bila larutan itu mengandung
 A. zat terlarut yang banyak
 B. elektron yang bebas bergerak
 C. air sebagai pelarut yang baik
 D. ion yang bebas bergerak
 E. molekul-molekul zat terlarut
2. Perhatikan pernyataan berikut.
 1) Zat yang dapat larut dalam air selalu menghantarkan arus listrik.
 2) Zat elektrolit selalu tersusun dari ion-ion.
 3) Zat yang dalam air mengandung kation dan anion selalu menghantarkan arus listrik.
 4) Ion-ion dalam larutan elektrolit dapat berasal dari senyawa ion maupun senyawa kovalen.

 Pernyataan yang benar adalah
 A. 1 dan 2
 B. 1 dan 3
 C. 2 dan 4
 D. 3 dan 4
 E. 1, 2, 3, dan 4
3. Hasil pengujian terhadap daya hantar listrik larutan *Y* dengan konsentrasi 0,1 *M*, ternyata lampu tidak menyala tetapi kedua elektrode timbul sedikit gelembung. Hasil pengamatan ini menunjukkan bahwa zat *Y* adalah suatu
 A. elektrolit kuat
 B. elektrolit lemah
 C. nonelektrolit
 D. asam
 E. basa
4. Kelompok larutan berikut semuanya merupakan larutan elektrolit adalah
 A. NaCl, HCl, C_2H_5OH, dan $Mg(OH)_2$
 B. NaCl, H_2SO_4, $CO(NH_2)_2$, dan HNO_3
 C. $C_6H_{12}O_6$, $CuCl_2$, $NaNO_3$, dan CH_3COOH
 D. Na_2SO_4, NaOH, dan $CO(NH_2)_2$
 E. $Ca(OH)_2$, HNO_3, $CuSO_4$, dan $MgCl_2$
5. Zat elektrolit berikut yang keduanya merupakan senyawa kovalen adalah
 A. NaCl dan HCl
 B. NaCl dan H_2SO_4
 C. HCl dan CH_3COOH
 D. $Ca(OH)_2$ dan $CUCl_2$
 E. NH_4Cl dan KI

6. Berikut ini merupakan larutan elektrolit kuat, ***kecuali*** larutan
 A. NaCl
 B. H_2SO_4
 C. $Mg(OH)_2$
 D. Na_2SO_4
 E. CH_3COOH
7. Reaksi oksidasi dapat diartikan sebagai reaksi
 A. pengikatan oksigen
 B. pengikatan elektron
 C. penurunan bilangan oksidasi
 D. pelepasan oksigen
 E. pengikatan hidrogen
8. Atom Cl dalam zat berikut yang mengalami reduksi adalah
 A. $AgCl \longrightarrow Ag^+ + Cl^-$
 B. $Zn + 2\ HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2$
 C. $Cl_2 + 2\ Br^- \longrightarrow 2\ Cl^- + Br_2$
 D. $F_2 + 2\ KCl \longrightarrow 2\ KF + Cl_2$
 E. $NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O$
9. Bilangan oksidasi Br tertinggi terdapat pada
 A. Br_2
 B. NaBr
 C. $HBrO_2$
 D. $HBrO_3$
 E. $HBrO_4$
10. Pada pengolahan besi dari bijih besi (Fe_2O_3) terjadi reaksi:
 $Fe_2O_3 + 3\ CO \longrightarrow 2\ Fe + 3\ CO_2$
 Karbon monoksida dalam proses tersebut adalah sebagai
 A. katalisator
 B. inhibitor
 C. reduktor
 D. oksidator
 E. akseptor elektron
11. Bilangan oksidasi Mn tertinggi terdapat pada
 A. MnO
 B. MnO_2
 C. $MnCl_2$
 D. $KMnO_4$
 E. $MnSO_4$
12. Pada reaksi:
 $Cl_2 + 2\ KOH \longrightarrow KCl + KClO + H_2O$
 bilangan oksidasi Cl berubah dari
 A. 2 menjadi +1 dan –1
 B. 0 menjadi –1 dan +1
 C. 2 menjadi 0 dan –1
 D. 1 menjadi 0 dan –1
 E. –1 menjadi –1 dan 0
13. Reaksi berikut ini tergolong reaksi redoks, ***kecuali***
 A. $Zn + Cu^{2+} \longrightarrow Zn^{2+} + Cu$
 B. $2\ Al + 6\ HCl \longrightarrow 2\ AlCl_3 + 3\ H_2$
 C. $Cl_2 + 2\ KI \longrightarrow 2\ KCl + I_2$
 D. $HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$
 E. $F_2 + 2Br^- \longrightarrow 2\ F^- + Br_2$

14. Pada reaksi redoks:
$ZnS + HNO_3 \longrightarrow ZnSO_4 + NO + H_2O$
yang bertindak sebagai oksidator adalah … .
A. ZnS
B. HNO_3
C. $ZnSO_4$
D. NO
E. H_2O

15. Pada reaksi redoks:
$2\ CuSO_4 + 4\ KI \longrightarrow 2\ CuI + I_2 + 2\ K_2SO_4$
yang merupakan hasil oksidasi adalah … .
A. $CuSO_4$
B. KI
C. CuI
D. I_2
E. K_2SO_4

16. Bilangan oksidasi O tertinggi terdapat pada … .
A. NaOH
B. H_2O
C. H_2O_2
D. O_2
E. K_2O

17. Pada reaksi redoks:
$MnO_2 + 2\ H_2SO_4 + 2\ NaCl \longrightarrow MnSO_4 + Na_2SO_4 + 2\ H_2O + Cl_2$
yang bertindak sebagai oksidator dan reduktor berturut-turut adalah … .
A. MnO_2 dan H_2SO_4
B. MnO_2 dan NaCl
C. H_2SO_4 dan NaCl
D. $MnSO_4$ dan MnO_2
E. MnO_2 dan Cl_2

18. Berikut adalah sifat-sifat khas atom karbon, ***kecuali***
A. atom karbon dapat membentuk empat ikatan kovalen
B. atom karbon dapat membentuk rantai karbon
C. mempunyai empat elektron valensi
D. dapat membentuk ikatan kovalen tunggal, rangkap dua, dan rangkap tiga
E. merupakan unsur logam

19. Senyawa karbon organik pertama disintesis oleh Friederich Wohler adalah
A. CH_3COOH
B. NH_4OCN
C. $CO(NH_2)_2$
D. CH_3COONH_4
E. NH_4Cl

20. Pasangan senyawa alkana berikut adalah
A. C_2H_4 dan C_4H_{10}
B. C_3H_4 dan C_5H_{10}
C. C_2H_6 dan C_3H_6
D. C_3H_8 dan C_5H_{12}
E. C_4H_{10} dan C_5H_8

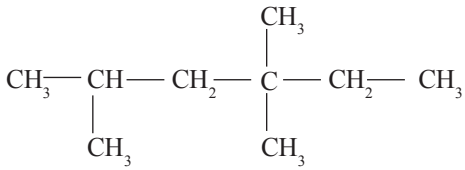
21. Dua liter hidrokarbon tepat dibakar sempurna dengan 6 liter gas oksigen menghasilkan 4 liter karbon dioksida dan uap air menurut reaksi:

$C_xH_y + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$ (belum setara)

Bila diukur pada suhu dan tekanan yang sama, maka rumus molekul senyawa tersebut adalah

A. C_2H_4
B. C_2H_6
C. C_3H_6
D. C_3H_8
E. C_4H_8

22. Perhatikan rumus zat berikut.



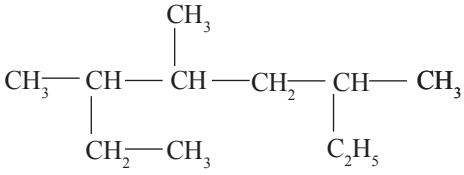
Senyawa tersebut mengandung atom C primer, C sekunder, C tersier, dan C kuartener berturut-turut adalah

A. 6, 1, 2, dan 1
B. 5, 2, 1, dan 1
C. 4, 2, 2, dan 1
D. 5, 1, 2, dan 1
E. 4, 1, 3, dan 2

23. Senyawa berikut ini yang merupakan alkuna adalah

A. C_2H_6
B. C_4H_8
C. C_3H_4
D. C_2H_4
E. C_3H_6

24. Nama IUPAC untuk senyawa berikut ini adalah



A. 2,5–dietil–3–metilheksana
B. 2–etil–4,5–dimetilheptana
C. 6–etil–4,5–dimetilheptana
D. 3,4,6–trimetiloktana
E. 3,5,6–trimetiloktana

25. Yang ***bukan*** isomer heptana adalah

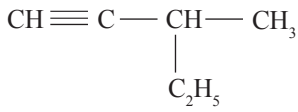
A. 3–etil–2–metilbutana
B. 2,2,3–trimetilbutana
C. 3–metilheksana
D. 2–metilheksana
E. 3–etilpentana

26. Senyawa alkena dengan rumus molekul C_5H_{10} mempunyai isomer sebanyak

A. 4
B. 5
C. 6
D. 7
E. 8

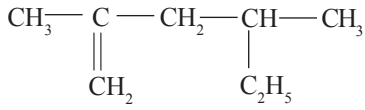
27. Senyawa berikut ini yang memiliki titik didih tertinggi adalah
 A. $CH_3 - CH(CH_3) - CH_3$
 B. $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$
 C. $CH_3 - CH_2 - CH(CH_3) - CH_3$
 D. $CH_3 - C(CH_3)_2 - CH_2 - CH_3$
 E. $CH_3 - (CH_2)_4 - CH_3$

28. Nama IUPAC dari senyawa dengan rumus struktur berikut ini adalah



 A. 3–metil–2–pentuna
 B. 3–metil–4–pentuna
 C. 3–metil–1–pentuna
 D. 2–etil–3–butuna
 E. 3–etil–1–butuna

29. Nama IUPAC untuk senyawa dengan rumus struktur berikut ini adalah



 A. 4–etil–2 metil–1–pentena
 B. 2–metil–4–etil–1–pentena
 C. 2,4–dimetil–1–heksena
 D. 2,4–dimetil–2–heksena
 E. 4–etil–2–metil–2–pentena

30. Berikut ini adalah isomer dari C_6H_{10}, ***kecuali***
 A. 2–heksuna
 B. 3–metil–1–pentuna
 C. 4–metil–1–pentuna
 D. 2–metil–1–pentuna
 E. 3,3–dimetil–1–butuna

31. Reaksi adisi 1–pentena dengan HCl menurut aturan Markovnikov akan menghasilkan senyawa
 A. 1–kloropentana
 B. 2–kloropentana
 C. 3–kloropentana
 D. 1–kloropentena
 E. 2–kloropentena

32. Hasil penyulingan bertingkat pada minyak bumi menghasilkan fraksi bensin pada suhu
 A. –160 °C sampai – 88 °C
 B. – 40 °C sampai 0 °C
 C. 20 °C sampai 70 °C
 D. 70 °C sampai 140 °C
 E. 140 °C sampai 180 °C

33. Bensin mempunyai bilangan oktan sekitar
 A. 98
 B. 90
 C. 82
 D. 75
 E. 70

34. Zat yang ditambahkan untuk meningkatkan bilangan oktan pada bensin adalah
 A. isooktana
 B. *tetraetyl lead* (TEL)
 C. n–heptana
 D. n–butana
 E. nafta

35. Meningkatnya suhu global di permukaan bumi disebabkan oleh banyaknya gas hasil pembakaran, yaitu
 A. Pb
 B. CO
 C. CO_2
 D. NO_2
 E. SO_2
36. Pembakaran bensin yang tidak sempurna berbahaya bagi kesehatan karena menghasilkan gas yang dapat diikat oleh hemoglobin darah, sehingga darah tidak dapat mengangkut oksigen, yaitu gas
 A. NO
 B. SO_2
 C. CO_2
 D. CO
 E. H_2S
37. Gas penyebab terjadinya hujan asam adalah
 A. O_2
 B. CO_2
 C. CO
 D. SO_2
 E. CH_4
38. PVC adalah salah satu produk industri petrokimia berasal dari bahan dasar
 A. etilena
 B. aromatika
 C. *syn-gas*
 D. propilena
 E. benzena
39. Produk petrokimia yang berbahan dasar toluena dan xilena adalah
 A. nilon
 B. karet
 C. TNT
 D. pralon
 E. etanol
40. Berikut ini adalah beberapa produk petrokimia yang menggunakan bahan dasar gas sintetis, ***kecuali***
 A. amonia (NH_3)
 B. urea ($CO(NH_2)_2$)
 C. metanol (CH_3OH)
 D. formaldehida (HCHO)
 E. benzena (C_6H_6)

Glosarium

afinitas elektron: energi yang menyertai penyerapan satu elektron oleh suatu atom dalam wujud gas, sehingga membentuk ion bermuatan –1.

atom C kuartener: atom C yang terikat 4 atom C lainnya.

atom C primer: atom C yang terikat 1 atom C lainnya.

atom C sekunder: atom C yang terikat 2 atom C lainnya.

atom C tersier: atom C yang terikat 3 atom C lainnya.

aturan oktet: kecenderungan unsur-unsur lain untuk mencapai konfigurasi unsur gas mulia dengan membentuk ikatan agar dapat menyamakan konfigurasi elektronnya dengan konfigurasi elektron gas mulia terdekat.

bilangan oksidasi: suatu bilangan yang menunjukkan ukuran kemampuan suatu atom untuk melepas atau menangkap elektron dalam pembentukan suatu senyawa.

bilangan oktan: bilangan yang menyatakan mutu suatu bensin.

elektron: partikel dasar penyusun atom yang bermuatan negatif. Elektron terdapat mengelilingi inti atom dalam kulit atom.

elektron valensi: elektron pada kulit terluar. Elektron valensi berperan penting dalam pembentukan ikatan dengan atom lain dan menentukan sifat-sifat kimia atom.

energi ionisasi: energi yang diperlukan untuk melepas satu elektron dari suatu atom netral dalam wujud gas. Energi yang diperlukan untuk melepas elektron kedua disebut energi ionisasi tingkat kedua dan seterusnya.

gas mulia: unsur-unsur golongan VIIIA, kelompok unsur yang sangat stabil (sukar bereaksi).

golongan: lajur-lajur vertikal dalam SPU, yaitu kelompok unsur yang disusun berdasarkan kemiripan sifat. Nomor golongan suatu unsur = jumlah elektron valensi unsur tersebut.

halogen: unsur-unsur golongan VIIA, kelompok unsur nonlogam yang paling reaktif.

hidrat: senyawa kristal padat yang mengandung air kristal (H_2O).

hidrokarbon: senyawa karbon paling sederhana yang terdiri dari atom karbon dan hidrogen.

hipotesis Avogadro: suatu hipotesis yang menyatakan bahwa pada suhu dan tekanan yang sama, semua gas dengan volume yang sama akan mengandung jumlah molekul yang sama pula.

hukum kekekalan massa (hukum Lavoisier): hukum kimia yang menyatakan bahwa di dalam suatu reaksi kimia, massa zat-zat sebelum dan sesudah reaksi adalah sama.

hukum kelipatan perbandingan (hukum Dalton): hukum kimia yang menyatakan bahwa jika dua jenis unsur bergabung membentuk lebih dari satu senyawa dan jika massa-massa salah satu unsur dalam senyawa-senyawa tersebut sama, sedangkan massa-massa unsur lainnya berbeda, maka perbandingan massa unsur lainnya dalam senyawa-senyawa tersebut merupakan bilangan bulat dan sederhana.

hukum perbandingan tetap (hukum Proust): hukum kimia yang menyatakan bahwa perbandingan massa unsur-unsur dalam senyawa adalah tetap.

hukum perbandingan volume (hukum Gay Lussac*)*: hukum kimia yang menyatakan bahwa pada suhu dan tekanan yang sama, volume gas-gas yang bereaksi dan volume gas-gas hasil reaksi berbanding sebagai bilangan bulat dan sederhana.

hukum oktaf: sistem periodik unsur berdasarkan kenaikan massa atom relatif, di mana unsur-unsur urutan pertama dan kedelapan (yang berselisih satu oktaf) menunjukkan kemiripan sifat.

ikatan ion: ikatan yang terjadi akibat perpindahan elektron dari satu atom ke atom lain. Ikatan ion terbentuk antara atom yang melepaskan elektron (logam) dengan atom yang menangkap elektron (bukan logam).

ikatan kimia: gaya yang mengikat atom-atom dalam molekul atau gabungan ion dalam setiap senyawa.

ikatan kovalen: ikatan yang terjadi akibat pemakaian pasangan elektron secara bersama-sama oleh dua atom.

ikatan kovalen koordinasi: ikatan kovalen di mana pasangan elektron milik bersama hanya disumbangkan oleh satu atom, sedangkan atom yang satu lagi tidak menyumbangkan elektron.

ikatan kovalen nonpolar: ikatan antaratom dengan keelektronegatifan sama.

ikatan kovalen polar: ikatan antara dua atom yang berbeda keelektronegatifannya.

inti atom: bagian yang padat dari atom, berada di pusat atom. Inti atom bermuatan positif.

isobar: atom dari unsur yang berbeda, tetapi mempunyai nomor massa sama.

isoton: atom dari unsur yang berbeda, tetapi mempunyai jumlah neutron sama.

isotop: atom dari unsur yang sama, tetapi berbeda massa. Perbedaan massa disebabkan perbedaan jumlah neutron. Atom unsur yang sama dapat mempunyai jumlah neutron yang berbeda.

jari-jari atom: jarak dari inti hingga kulit terluar.

keelektronegatifan: suatu bilangan yang menyatakan kecenderungan suatu unsur menarik elektron ke pihaknya dalam suatu ikatan.

kimia organik: cabang ilmu kimia yang mempelajari tentang senyawa karbon organik. Kimia organik juga dikenal sebagai kimia karbon.

konfigurasi elektron: susunan elektron pada masing-masing kulit.

koefisien reaksi: bilangan yang menyatakan perbandingan stoikiometri mol zat-zat pereaksi dan hasil reaksi.

lambang Lewis: lambang atom disertai elektron valensinya. Elektron dalam lambang Lewis dapat dinyatakan dalam titik atau silang kecil.

larutan elektrolit: larutan yang dapat menghantarkan listrik.

logam alkali: unsur-unsur logam golongan IA, merupakan kelompok logam yang paling aktif.

logam alkali tanah: unsur-unsur golongan IIA, juga tergolong logam aktif tapi kurang aktif jika dibandingkan logam alkali seperiode.

massa molar (m_m): massa yang dimiliki satu mol zat dan mempunyai satuan gram/mol.

model atom: model (rekaan) yang dikemukakan oleh para ahli untuk menggantikan atom sesungguhnya yang tidak dapat diamati.

mol zat (n): banyaknya zat yang mengandung jumlah partikel yang sama dengan jumlah partikel dalam 12 gram C–12.

neutron: partikel dasar penyusun atom yang bersifat netral. Neutron terdapat dalam inti atom.

nomor atom (Z): jumlah proton dalam inti. Nomor atom khas untuk setiap unsur.

nomor massa (A): jumlah proton + neutron. Massa elektron sangat kecil, dapat diabaikan.

nukleon: partikel penyusun inti atom. Nukleon terdiri atas proton dan neutron.

oksidasi: pengikatan oksigen, pelepasan elektron, pertambahan bilangan oksidasi.

pereaksi pembatas: pereaksi yang habis bereaksi lebih dahulu dalam reaksi kimia.

periode: lajur-lajur horizontal dalam SPU. Dalam SPU modern, periode disusun berdasarkan kenaikan nomor atom. Nomor periode suatu unsur = jumlah elektron valensi unsur itu.

persamaan reaksi: suatu persamaan yang menggambarkan zat-zat kimia yang terlibat sebelum dan sesudah reaksi kimia, baik secara kualitatif maupun kuantitatif.

petrokimia: bahan hasil industri yang berbasis minyak dan gas bumi. Contoh petrokimia adalah plastik, detergen, dan karet buatan.

proton: partikel dasar penyusun atom yang bermuatan positif. Proton terletak dalam inti atom.

radiasi elektromagnet: gelombang elektromagnet, radiasi yang tidak bermassa dan tidak bermuatan.

radiasi partikel: radiasi yang merupakan hamburan partikel, seperti elektron dan proton.

reduksi: pelepasan oksigen, pengikatan elektron, dan penurunan bilangan oksidasi.

rumus empiris: rumus kimia yang menyatakan perbandingan paling sederhana dari atom-atom unsur dalam senyawa.

rumus kimia: suatu rumus yang memuat informasi tentang jenis unsur dan perbandingan atom-atom unsur penyusun zat.

rumus molekul: rumus kimia yang menyatakan jenis dan perbandingan atom-atom dalam molekul.

senyawa biner: senyawa kimia yang tersusun atas dua unsur saja.

sinar alfa: sinar radioaktif yang bermuatan positif. Sinar alfa adalah berkas inti helium.

sinar beta: sinar radioaktif yang bermuatan negatif. Sinar beta adalah berkas elektron.

sinar gama: sinar radioaktif yang merupakan gelombang elektromagnet.

sinar katode: radiasi partikel yang berasal dari permukaan anode menuju katode. Partikel sinar katode adalah elektron.

sinar terusan: radiasi partikel yang berasal dari permukaan anode menuju katode. Partikel sinar terusan bergantung pada gas dalam tabung. Gas hidrogen menghasilkan proton.

sistem periodik unsur: daftar unsur-unsur yang disusun berdasarkan aturan tertentu.

TEL: zat aditif yang ditambahkan ke dalam bensin untuk menaikkan bilangan oktan bensin.

triad: sistem periodik unsur yang terdiri dari tiga unsur yang bermiripan sifatnya. Jika tiga unsur yang bermiripan sifat disusun berdasarkan kenaikan massa atomnya, maka massa atom unsur yang di tengah adalah rata-rata dari massa atom unsur pertama dan ketiga. Triad ditemukan oleh Dobereiner.

unsur golongan utama: unsur-unsur yang menempati golongan A.

unsur transisi: unsur-unsur yang menempati golongan B.

volume molar gas (V_m): volume yang ditempati 1 mol gas pada suhu (T) dan tekanan (P) tertentu.

zat radioaktif: zat yang secara spontan memancarkan radiasi.

Indeks

a

activated sludge 160
adisi 187, 201, 222, 223
afinitas 1, 3
afinitas elektron 1, 3
alkadiena 184, 189, 201, 204
alkana 169, 170, 174, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 187, 189, 191, 193, 198, 201, 207, 208, 223
alkena 169, 170, 174, 184, 185, 187, 188, 189, 191, 192, 193, 198, 200, 201
alkil 178, 180
analisis kualitatif 109
anion 65, 66, 67, 68 , 69 , 71 , 148 , 164

b

bilangan Avogadro 97, 130
bilangan oksidasi 143, 144, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 163, 166, 167, 168

c

catalytic converter 215, 224
cracking 206, 211, 222, 223
crude oil 197, 209, 212

d

derajat ionisasi 149, 150
disproporsionasi 159, 168

e

elektrolisis 13
elektrolit 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 163, 164, 165, 167, 168
elektron 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 22, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 144, 155, 156, 163, 164, 166, 168, 173
elektron valensi 1, 8, 9, 18, 19, 22, 48, 50, 53, 54, 55, 56, 57, 173
energi ionisasi 1

g

golongan 1, 3, 48, 55, 57, 147, 156, 157, 173, 193, 194, 198, 207, 208
green house effect 205, 215, 221, 224

h

hidrat 193
hukum kelipatan perbandingan 124
hukum oktaf 1
hukum perbandingan tetap 4, 61, 63, 82, 84, 85, 86, 124
hukum perbandingan volume 87, 88, 124

i

ikatan ion 43, 45, 46, 47, 48, 54, 55, 58, 59, 60, 165, 166
ikatan jenuh 169 , 177
ikatan kovalen 43, 45, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 58, 59, 60, 173, 174, 198
ikatan kovalen koordinasi 43, 45, 51, 55, 59
ikatan kovalen nonpolar 45, 52, 55
ikatan kovalen polar 45, 52, 55
ikatan tak jenuh 177
isobar 1, 2, 16, 17, 20, 21
isomer 169, 174, 179, 181, 182, 183, 185, 186, 188, 191, 192, 198, 201, 202, 203, 211
isoton 1, 2, 16, 17, 20, 21
isotop 1, 2, 16, 17, 18, 19, 21

j

jari-jari atom 1, 3, 6, 7, 17

k

karbon alifatis 176, 177
karbon anorganik 171, 172
karbon organik 171, 172
karbon siklis 176, 177
katode 5, 13, 20, 21, 147
keelektronegatifan 51, 52, 55, 166
knocking 211
kolam oksidasi 160
konfigurasi duplet 45
konfigurasi elektron 1, 2, 7, 8, 9, 12, 18, 19, 22, 45, 47, 48, 49, 56
konfigurasi oktet 43, 45, 50

l

lambang Lewis 45, 46, 47, 49, 50
lumpur aktif 143, 160, 163

m

momen dipol 52

n

nama trivial 179
neutron 2
nonelektrolit 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 153, 163, 165, 167
nukleon 15 , 21

p

PEB 51
PEI 51
pereaksi pembatas 61, 62, 119
periode 1, 3, 4, 45, 46, 47, 53, 173
polarisasi ikatan 43, 51
polimerisasi 188, 194, 201, 210
postransisi 52, 53
proton 1, 2, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22

r

radioaktif 5, 21
reduksi 133, 143, 144, 154, 155, 156, 158, 159, 163, 168

s

sedimentasi 160
septic tank 160
sinar α 5, 6, 7, 20, 21
sinar β 5, 6, 21
sinar γ 5, 21
sistem periodik unsur 1, 3, 43
straight run gasoline 211

t

triad 1, 3
trickling filter 160

u

unsur transisi 52, 53

v

vis vitalis 171

Indeks Penulis

Brady 24, 25, 45, 46, 49, 109, 113, 117, 119, 155, 189
Carey, F 193
Gillespie 14
Kotz, 6, 7, 24
Martin 5, 6, 29, 32, 33, 45, 46, 47, 49, 66, 68, 97, 102, 122
Murry Fay 179, 185, 190
Keenan 30, 211
Olah 193
Ralph 64
Sandri 197

Daftar Pustaka

Allinger, Norman, et al. 1992. *Organic Chemistry*, *Second Edition*. New York: Worth Publishers, Inc.

Austin, Goerge T. E. Jasjfi. 1996. *Industri Proses Kimia*. Jakarta: Erlangga.

Brady, James E. (Sukmariah Maun).1999. *Kimia Universitas Asas dan Struktur*. Edisi Kelima. Jilid Satu. Jakarta: Binarupa Aksara.

Brady, James E. (Sukmariah Maun).1999. *Kimia Universitas Asas dan Struktur*. Edisi Kelima. Jilid Dua. Jakarta: Binarupa Aksara

Carey, Francise A. 2001. *Organic Chemistry, Fourth Edition*. The McGraw-Hill Company.

Database Rumus Struktur Software ChemDraw. Ultra 8, Cambridgesoft Corporation (www.cambridgesost.com)

Gillespie et al. *Chemistry*, *International Student Edition*. Allyn and Bacon Inc.

Hart, Harold (Suminar Achmadi). 1990. *Kimia Organik Suatu Kuliah Singkat* (terjemahan). Jakarta: Erlangga.

John Mc. Murry Fay. *Chemistry*, *4th ed*. Prentice Hall.

Keenan, Kleinfelter and Wood. 1999. *Kimia untuk Universitas Jilid 2*. Terjemahan: A. Hadyana Pudjaatmaka. Jakarta: Erlangga.

Kotz and Purcell. 1978. *Chemistry and Chemical Reactivity*. New York: CBS College Publishing.

Kus Sri Martini. 1988. *Prakarya Kimia*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

Laidler, Keith J. 1966. *Principles of Chemistry*. USA: Harcourt, Brace and World Inc.

Lister, Ted and Renshaw, Janet. 2000. *Chemistry For Advanced Level, Third Edition*. London: Stanley Thornes Publishers Ltd.

Markham, Edwin C and Smith, Sherman E. 1954. *General Chemistry.* USA*:* The Riberside Press Cambridge, Massa Chusetts.

Masterton, William L and Slowinski, Emil J. 1977. *Chemical Principles*. West Washington Square: WB. Sounders Company.

Mc. Tigue, Peter. 1986. *Chemistry Key To The Earth*, Second Edition. Australia: Melbourne University Press.

Morris Hein. 1969. *Foundations of College Chemistry*. California: Dickenson Publishing Company Inc.

Olah, George A and ´Arp´ad Moln´ar. 2003. *Hydrocarbon Chemistry, Second Edition.* John Wiley and Sons Inc

Petrucci, Ralph H. (SuminarAchmadi).1985. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern* Edisi Keempat Jilid 1. Jakarta: Erlangga.

Petrucci, Ralph H. (SuminarAchmadi).1985. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern* Edisi Keempat Jilid 2. Jakarta: Erlangga.

Pierce, Conway and Smith, R. Nelson. 1971. *General Chemistry Workbook How To Solve Chemistry Problems*. New York: W. H. Freeman and Company.

Russell, John B. 1981. *General Chemistry*. USA: Mc Graw Hill Inc.

Sandri Justiana dan Budiyanti Dwi Hardanie. *Minyak Pelumas dari Botol Plastik Bekas*. www.chem-is-try.org. 29 Agustus 2006.

Schaum, Daniel B. S. 1966. *Schaum's Outline of Theory and Problems of College Chemistry*. USA: Mc Graw Hill Book Company.

Silberberg, Martin S. 2000. *Chemistry The Molecular Nature of Matter and Change*, Second Edition. USA: Mc. Graw Hill Companies.

Snyder, Milton K. 1966. *Chemistry Structure and Reactions*. USA: Holt, Rinehart and Winston Inc.

Stanitski, Conrad L. 2000. *Chemistry in Context Applying Chemistry To Society*, Third Edition. USA: Mc. Graw Hill Companies.

Tri Redjeki. 2000. *Petunjuk Praktikum Kimia Dasar I*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

Van Cleave, Janice. 2003. *A+ Proyek-proyek Kimia*. Terjemahan oleh Wasi Dewanto. Bandung: Pakar Raya.

Wertheim, Jane. (Agusniar Trisnamiati). *Kamus Kimia Bergambar* (terjemahan). Jakarta: Erlangga.

Wood, Jesse H; Keenan, Charles W and Bull, William E. 1968. *Fundamentals of College Chemistry*, Second Edition. USA: Harper and Row Publishers.

www.yahooimage.com

www.invir.com

www.kompas.com

www.solopos.net

www.tabloidnova.com

Lampiran 1

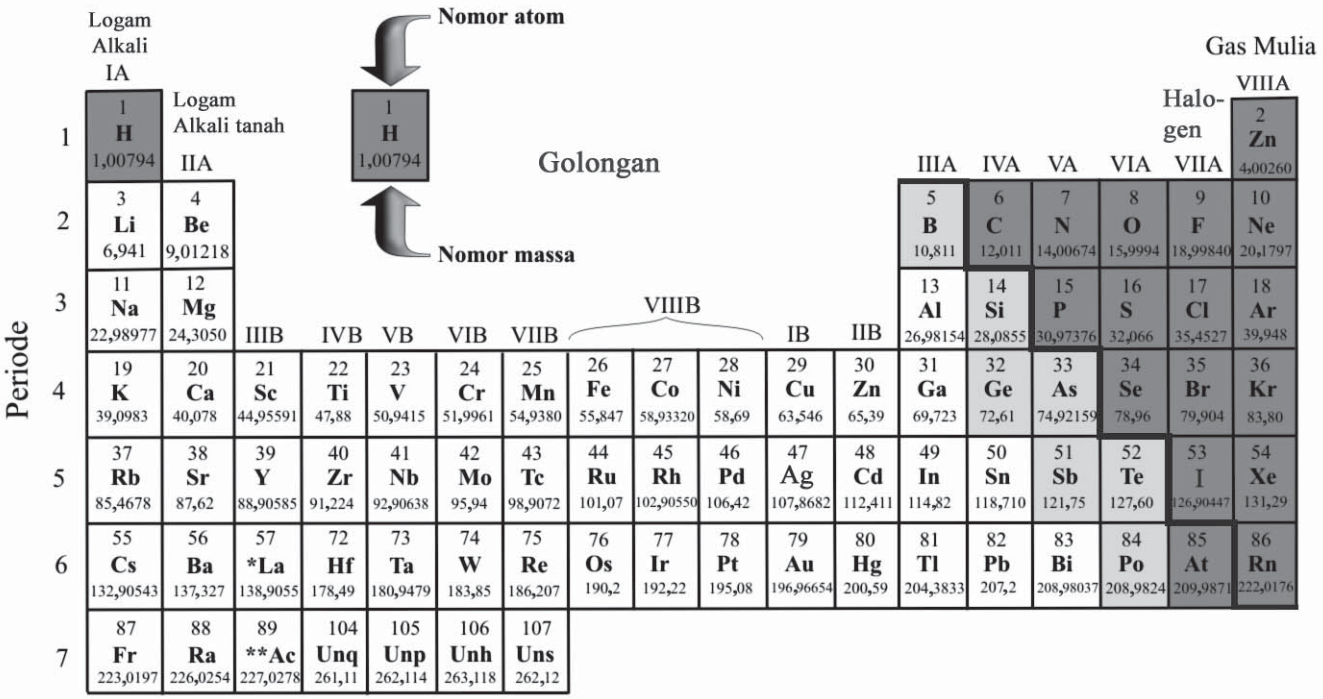
TABEL NOMOR MASSA DAN NOMOR ATOM

(Dari *Pure and Applied Chemistry*, Vol. 58 (1986), pp. 1677 – 1692. Copyright © 1986 IUPAC)

Unsur	Simbol	Nomor Atom	Nomor Massa
Aktinium	Ac	89	227,0278
Aluminium	Al	13	26,981539
Amerisium	Am	95	243,0614
Antimonium	Sb	51	121,75
Argon	Ar	18	39,948
Arsenik	As	33	74,92159
Astatin	At	85	209,9871
Barium	Ba	56	137,327
Berkelium	Bk	97	247,0703
Berilium	Be	4	9,012182
Bismut	Bi	83	208,98037
Boron	B	5	10,811
Bromin	Br	35	79,904
Kadmium	Cd	48	112,411
Kalsium	Ca	20	40,078
Kalifornium	Cf	98	242,0587
Karbon	C	6	12,011
Serium	Ce	58	140,115
Sesium	Cs	55	132,90543
Klorin	Cl	17	35,4527
Kromium	Cr	24	51,9961
Kobalt	Co	27	58,93320
Kuprum, tembaga	Cu	29	63,546
Kurium	Cm	96	247,0703
Diprosium	Dy	66	162,50
Einsteinium	Es	99	252,083
Erbium	Er	68	167,26
Europium	Eu	63	151,965
Fermium	Fm	100	257,0951
Fluorin	F	9	18,9984032
Fransium	Fr	87	223,0197
Gadolinium	Gd	64	157,25
Galium	Ga	31	69,723
Germanium	Ge	32	72,61
Aurum, emas	Au	79	196,96654
Hafnium	Hf	72	178,49
Helium	He	2	4,002602
Holmium	Ho	67	164,93032
Hidrogen	H	1	1,00794
Indium	In	49	114,82
Iodin	I	53	126,90447
Iridium	Ir	77	192,22
Ferum, besi	Fe	26	55,847
Kripton	Kr	36	83,80
Lantanum	La	57	138,9055
Lawrensium	Lr	103	260,105
Plumbum, timbal	Pb	82	207,2
Litium	Li	3	6,941

Unsur	Simbol	Nomor Atom	Nomor Massa
Magnesium	Mg	12	24,3050
Mangan	Mn	25	54,93805
Mandalevium	Md	101	258,10
Merkurium, raksa	Hg	80	200,59
Molibdenum	Mo	42	95,94
Neodimium	Nd	60	144,24
Neon	Ne	10	20,1797
Neptunium	Np	93	237,0482
Nikel	Ni	28	58,69
Niobium	Nb	41	92,90638
Nitrogen	N	7	14,00674
Nobelium	No	102	259,1009
Osmium	Os	76	190,2
Oksigen	O	8	15,9994
Paladium	Pd	46	106,42
Fosforus	P	15	30,973762
Platinum	Pt	78	195,08
Plutonium	Pu	94	244,0642
Polonium	Po	84	208,9824
Potasium, kalium	K	19	39,0983
Praseodimium	Pr	59	140,90765
Prometium	Pm	61	144,9127
Protaktinium	Pa	91	231,03588
Radium	Ra	88	226,0254
Radon	Rn	86	222,0176
Renium	Re	75	186,207
Rodium	Rh	45	102,90550
Rubidium	Rb	37	85,4678
Rutenium	Ru	44	101,07
Samarium	Sm	62	150,36
Skandium	Sc	21	44,955910
Selenium	Se	34	78,96
Silikon	Si	14	28,0855
Argentum, perak	Ag	47	107,8682
Natrium	Na	11	22,989768
Stronsium	Sr	38	87,62
Sulfur, belerang	S	16	32,066
Tantalum	Ta	73	180,9479
Teknetium	Tc	43	98,9072
Telurium	Te	52	127,60
Terbium	Tb	65	158,92534
Talium	Tl	81	204,3833
Torium	Th	90	232,0381
Tulium	Tm	69	168,93421
Tin, timah	Sn	50	118,710
Titanium	Ti	22	47,88
Tungten, wolfram	W	74	183,85
Uranium	U	92	238,0289
Vanadium	V	23	50,9415
Xenon	Xe	54	131,29
Iterbium	Yb	70	173,04
Itrium	Y	39	88,90585
Zink, seng	Zn	30	65,39
Zirkonium	Zr	40	91,224

TABEL PERIODIK UNSUR



Logam
Metaloid
Bukan logam

Lantanida *	58 Ce 140,115	59 Pr 140,90765	60 Nd 144,24	61 Pm 144,9127	62 Sm 150,36	63 Eu 151,965	64 Gd 157,25	65 Tb 158,92534	66 Dy 162,50	67 Ho 164,93032	68 Er 167,26	69 Tm 168,93421	70 Yb 173,04	71 Lu 174,967
Aktinida **	90 Th 232,0381	91 Pa 231,0359	92 U 238,0289	93 Np 237,0482	94 Pu 244,0642	95 Am 243,0614	96 Cm 247,0703	97 Bk 247,0587	98 Cf 251,00	99 Es 252,083	100 Fm 257,0951	101 Md 258,10	102 No 259,1009	103 Lr 260,105

* nilai yang diberikan sampai empat angka berarti

** nilai yang diberikan merupakan masa isotop paling lama

Sumber: James E. Brady., 1990. *General Chemistry Principles and Structure.* New York: John Willey and Sons.

Kunci Soal Nomor Ganjil

Bab 1 Struktur Atom dan Sistem Periodik Unsur

Struktur Atom

I. Pilihan Ganda

1. D
3. C
5. A
7. C
9. C
11. C
13. E
15. A
17. E
19. A

II. Uraian

1. Atom digambarkan pertama kali sebagai bagian terkecil (sesuai dengan postulat Dalton).
3. Tokoh-tokoh yang merancang ditemukannya sinar katode adalah Heinrich Geisster (1829 – 1873) dari Jerman, Julius Plucker (1801 – 1868), William Crookes (1832 – 1919) dari Inggris, George Johnstone Stoney (1817 – 1895), Antoine Henri Becquerel (1852 – 1908) dari Perancis.
5. Gambaran atom menurut Thompson adalah atom dianalogikan seperti roti kismis dengan inti yang bermuatan positif dan dikelilingi oleh elektron yang bermuatan negatif.
7. Kesimpulan yang dihasilkan dari percobaan Rutherford adalah:
 - Sebagian besar partikel sinar alfa dapat menembus karena melalui daerah hampa.
 - Partikel alfa yang mendekati inti atom dibelokkan karena mengalami gaya tolak inti.
 - Partikel alfa yang menuju inti atom dipantulkan karena inti bermuatan positif dan sangat massif.
9. a Penemu neutron adalah James Chadwick (1891 – 1974).

 b. Rancangan percobaan neutron:
 Jika hampir semua massa atom terhimpun pada inti (sebab massa elektron sangat kecil dan dapat diabaikan), ternyata jumlah proton dalam inti belum mencukupi untuk sesuai dengan massa atom. Jadi dalam inti pasti ada partikel lain yang menemani proton.

11. $^{23}_{11}Na \Rightarrow p = 11; e = 11; n = 12$
 $^{32}_{16}S \Rightarrow p = 16; e = 16; n = 16$
 $^{39}_{19}K \Rightarrow p = 19; e = 19; n = 20$
 $^{40}_{20}Ca \Rightarrow p = 20; e = 20; n = 20$
 $^{24}_{11}Na \Rightarrow p = 11; e = 11; n = 13$
 $^{24}_{12}Mg \Rightarrow p = 12; e = 12; n = 12$

 - Isotop: $^{23}_{11}Na$ dan $^{24}_{11}Na$
 - Isobar: $^{24}_{11}Na$ dan $^{24}_{12}Mg$
 - Isoton: $^{39}_{19}K$ dan $^{40}_{20}Ca$ serta $^{23}_{11}Na$ dan $^{24}_{12}Mg$

13. Kelemahan teori atom menurut:
 a. Dalton: tidak ada data eksperimen, keempat postulat Dalton hanya berdasarkan asumsi
 b. Thompson: karena inti atom besar, bila diberi sinar alfa maka sebagian besar sinar alfa tersebut seharusnya dibelokkan/dipantulkan
 c. Niels Bohr:
 - tidak bisa menjelaskan spektrum hidrogen
 - karena elektron yang berputar mengelilingi orbital, maka lama-kelamaan akan kehilangan energi dan menabrak inti

15. Diketahui:

$$\frac{1s^2}{2}, \frac{2s^2, 2p^6}{8}, \frac{3s^2, 3p^6, 3d^{10}}{18}, \frac{4s^2, 4p^6}{8}, \frac{5s^1}{1} = 37 \ (Z)$$

jumlah neutron (n) = 48

Jadi, • nomor atom (Z)
= 37
= jumlah proton (p)
= jumlah elektron (e)
• nomor massa (A)
= proton + neutron
= 37 + 48
= 85

$^{85}_{37}X$

17.

Unsur	$\sum$p	$\sum$e	$\sum$n	Nomor Atom	Nomor Massa	Notasi
Kalium	19	18	20	19	39	$^{39}_{19}K^{+}$
Kalsium	20	20	20	20	40	$^{40}_{20}Ca$
Barium	56	54	81	56	137	$^{137}_{56}Ba^{2+}$
Belerang	16	18	16	16	32	$^{32}_{16}S^{2-}$
Fosfor	15	15	16	15	31	$^{31}_{15}F$
Oksigen	8	10	8	8	16	$^{16}_{8}O^{2-}$
Klorin	17	18	18	17	35	$^{35}_{17}Cl^{-}$
Argon	18	18	22	18	40	$^{40}_{18}Ar$
Aluminium	13	10	14	13	27	$^{27}_{13}Al^{3+}$
Xenon	54	54	77	54	131	$^{131}_{54}Xe$

19. Diketahui:

Q dengan $n = 3$, elektron valensi = 7, $\sum n = 18$

$n = 3 : 1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^5 \longrightarrow \sum p = \sum e =$ nomor atom (Z) = 17

$\sum n =$ nomor massa (A) = 18 + 17 = 35

Sistem Periodik Unsur

I. Pilihan Ganda

1. B
3. B
5. C
7. A
9. C
11. C
13. A
15. A
17. C
19. B
21. A
23. E
25. C

II. Uraian

1. Dasar pengelompokan unsur menurut Dobereiner adalah pengelompokan unsur-unsur yang sangat mirip sifatnya. Tiap kelompok terdiri dari 3 unsur sehingga kelompok tersebut disebut triad.
3. Perbedaan pengelompokan unsur menurut Mendeleev dan Moseley adalah:
 - Mendeleev: unsur-unsur disusun menurut kenaikan massa atom relatifnya.
 - Moseley: unsur-unsur tersusun sesuai dengan kenaikan nomor atom unsur.
5. Sistem periodik unsur modern disebut juga sistem periodik unsur bentuk panjang karena terdiri dari 7 periode dan 8 golongan. Periode 1, 2, dan 3 disebut periode pendek karena berisi sedikit unsur, sedangkan sisanya disebut periode panjang. Golongan terdiri atas golongan A dan B. Golongan A disebut golongan utama, sedangkan golongan B disebut golongan transisi.
7. Unsur-unsur golongan alkali tanah: berilium, magnesium, kalsium, stronsium, barium, dan radium.
 Unsur-unsur golongan halogen: fluorin, klorin, bromin, iodin, dan astatin.
 Unsur-unsur golongan gas mulia: helium, neon, argon, kripton, xenon, dan radon.
9. Br^- dengan konfigurasi elektron 2, 8, 18, 8: $\underset{2}{\underline{1s^2}}$, $\underset{8}{\underline{2s^2, 2p^6}}$, $\underset{18}{\underline{3s^2, 3p^6, 3d^{10}}}$, $\underset{8}{\underline{4s^2, 4p^6}}$
 Karena ion Br^- maka konfigurasi elektron unsur Br yang terakhir adalah $\underset{7}{\underline{4s^2, 4p^5}}$,
 sehingga bromin termasuk golongan VIIA dan periode 4.
11. Urutan terkecil hingga terbesar dari $_{31}Ga$, $_{32}Ge$, $_{35}Br$, dan $_{36}Kr$ adalah:
 $_{31}Ga$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^1$: golongan IIIA, periode 4
 $_{32}Ge$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^2$: golongan IVA, periode 4
 $_{35}Br$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^5$: golongan VIIA, periode 4
 $_{36}Kr$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6$: golongan VIIIA, periode 4
13. Sifat logam unsur-unsur pada golongan:
 a. IA: semakin ke bawah, semakin besar
 b. IIA: semakin ke bawah, semakin besar
 c. VIIA: semakin ke bawah, semakin kecil
 d. VIIIA: semakin ke bawah, semakin kecil

15. Unsur-unsur golongan VIIA (halogen) mempunyai afinitas elektron terbesar karena unsur-unsur yang segolongan memiliki afinitas elektron cenderung berkurang. Unsur yang memiliki afinitas elektron berarti mempunyai kecenderungan lebih besar dalam menyerap elektron daripada unsur yang afinitas elektronnya positif. Makin negatif nilai afinitas elektron, makin besar kecenderungan unsur tersebut dalam menyerap elektron (kecenderungan membentuk ion negatif).

Bab 2 Ikatan Kimia

I. Pilihan Ganda

1. E
3. B
5. C`
7. B
9. A
11. D
13. C
15. A
17. C
19. D
21. C
23. C
25. D

II. Uraian

1. Unsur-unsur di alam cenderung membentuk senyawa (berikatan dengan unsur lain) karena pada umumnya atom tidak berdiri sendiri, kecuali gas mulia yang terdapat dalam bentuk atom-atom bebas pada keadaan normal (tekanan dan suhu kamar).
3. Syarat suatu atom cenderung:
 a. bermuatan positif (+) jika atom tersebut melepaskan elektron, yang berarti atom itu memberikan elektron kepada atom lain
 b. bermuatan negatif (–) jika atom tersebut menangkap elektron, yang berarti atom itu menerima elektron dari atom lain
5. Keistimewaan atom karbon adalah bisa mempunyai ikatan tunggal $CH_3 - CH_3$, ikatan rangkap dua $CH_2 = CH_2$, ataupun ikatan rangkap tiga $CH \equiv CH$.
7. Sifat-sifat senyawa ion adalah:
 - Senyawa ion merupakan zat padat dengan titik leleh dan titik didih yang relatif tinggi.
 - Rapuh, mudah hancur jika dipukul.
 - Lelehannya dapat menghantarkan listrik.
 - Larutannya dalam air dapat menghantarkan listrik.
11. a. HCl: ikatan ion dan kovalen
 b. H_2O: ikatan ion dan kovalen
 c. Ag_2O: ikatan ion dan kovalen
 d. $FeCl_3$: ikatan ion dan kovalen
 e. KCl: ikatan ion dan kovalen
 f. CuS:
 g. $ZnCl_2$: ikatan ion dan kovalen
 h. K_2SO_4: ikatan ion dan kovalen
 i. HNO_3: ikatan ion dan kovalen
 j. PCl_3: ikatan ion dan kovalen
13. Kegagalan dalam hukum oktet adalah kegagalan aturan oktet dalam meramalkan rumus kimia senyawa dari unsur transisi maupun unsur postransisi.

15. Perbedaan senyawa polar dengan nonpolar sebagai berikut.

Polar:
- Keelektronegatifan berbeda.
- Tidak simetris karena lebih tertarik ke atom dengan daya elektron lebih besar.

Contoh: HCl, HF, dan HBr.

Nonpolar:
- Keelektronegatifan sama.
- Simetris terhadap kedua atom.
- Muatan elektron tersebar homogen.

Contoh: H_2, Cl_2, dan O_2.

Bab 3 Stoikiometri

I. Pilihan Ganda

1. D	21. D	49. B
3. D	23. E	51. E
5. A	25. D	53. B
7. B	27. A	55. D
9. D	29. B	57. D
11. D	31. D	59. B
13. C	33. C	61. C
15. B	35. E	63. D
17. E	37. C	65. D
19. A	39. D	67. C

II. Uraian

1. a. $Zn(s) + 2\ HCl(aq) \longrightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$
 b. $Ca(OH)_2(aq) + 2\ HCl(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq) + 2\ H_2O(l)$
 c. $3\ I_2(s) + 6\ NaOH(aq) \longrightarrow 5\ NaI(aq) + NaIO_3(aq) + 3\ H_2O(l)$
 d. $Fe_2O_3(s) + HBr(aq) \longrightarrow FeBr_3(aq) + H_2O(l)$
 e. $Pb(NO_3)_2(aq) + NaCl(aq) \longrightarrow PbCl_2(s) + NaNO_3(aq)$

3. $100\ N_xO_y \longrightarrow 100\ NO + 50\ O_2$
 $2\ N_xO_y \longrightarrow 2\ NO + O_2$

5. $CH_4 + 2\ O_2 \longrightarrow CO_2 + 2\ H_2O$
 $8 - x \quad 2(8 - x)$
 $C_3H_8 + 5\ O_2 \longrightarrow 3\ CO_2 + 4\ H_2O$
 $x \quad 5x$
 Volume O_2:
 $2(8 - x) + 5x = 25$
 $16 - 2x + 5x = 25$
 $3x = 9$
 $x = 3$
 $x = 3$ liter
 Volume $C_3H_8 = x = 3$ liter
 Volume $CH_4 = 8 - x = 5$ liter

7. Kadar O pada FeO = $\frac{A_r \text{ O}}{M_r \text{ FeO}} \times 100\%$

$= \frac{16 \text{ gram/mol}}{72 \text{ gram/mol}} \times 100\%$

$= 22{,}2\%$

Kadar O pada Fe_2O_3 = $\frac{2 \times A_r \text{ O}}{M_r \text{ } Fe_2O_3} \times 100\%$

$= \frac{32 \text{ gram mol}}{160 \text{ gram mol}} \times 100\%$

$= 20\%$

9. a. Massa CaS = 45 gram
 b. Massa pereaksi yang sisa = 10 gram kalsium
11. $x = 2$, jadi rumus senyawa $CaSO_4.2H_2O$
13. a. Massa CH_4 = 64 gram
 b. Massa N_2O = 11 gram
 c. Massa C_3H_8 = 88 gram
 d. Massa H_2S = 3,4 gram
 e. Massa H_2O = 5,4 gram
15. $2\ C_2H_6 + 7\ O_2 \longrightarrow 4\ CO_2 + 6\ H_2O$
17. Massa CH_4 = 10 gram
19. Massa $KClO_3$ = 2,45 gram

Latihan Ulangan Umum Semester 1

1. E	21. E
3. C	23. B
5. A	25. A
7. C	27. C
9. E	29. B
11. C	31. C
13. D	33. B
15. D	35. D
17. B	37. C
19. D	39. B

Bab 4 Larutan Elektrolit-Nonelektrolit dan Konsep Redoks

I. Pilihan Ganda

1. E	11. D
3. A	13. B
5. C	15. E
7. A	17. C
9. C	19. E

II. Uraian

1. Cara membedakan antara larutan elektrolit dengan larutan nonelektrolit adalah dengan menggunakan uji elektrolit. Jika elektrolit ditandai dengan lampu menyala dan/atau timbul gelembung pada elektrode, sedangkan jika nonelektrolit lampu tidak menyala dan juga tidak timbul gelembung.
3. Larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik karena dalam bentuk larutan, elektrolit berubah menjadi ion-ion bermuatan listrik yang bergerak bebas. Sedangkan larutan nonelektrolit tidak berubah menjadi ion-ion.
5. a. $CO(NH_2)_2$: nonelektrolit
 b. KCl : elektrolit kuat
 c. CH_3COOH : elektrolit lemah
 d. C_6H_6 : nonelektrolit
 e. $FeCl_3$: elektrolit kuat
7. a. Larutan nonelektrolit tidak menyebabkan lampu menyala karena tidak berubah menjadi ion-ion bermuatan listrik.
 b. Timbul gelembung-gelembung gas di sekitar elektrode.
9. a. $HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$
 b. $Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca^{2+} + 2\ OH^-$
 c. $NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$
 d. $NH_3 + H_2O \longrightarrow NH_4^+ + OH^-$
 e. $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow$ tidak terjadi reaksi
 f. $CO(NH_2)_2 \longrightarrow$ tidak terjadi reaksi
 g. $(NH_4)_2SO_4 \longrightarrow 2\ NH_4^+ + SO_4^{2-}$
 h. $CH_3COOH \longrightarrow CH_3COO^- + H^+$
 i. $H_2SO_4 \longrightarrow 2\ H^+ + SO_4^{2-}$
 j. $C_2H_5OH \longrightarrow$ tidak terjadi reaksi
11. a - Reduksi : reaksi pelepasan oksigen dari suatu senyawa.
 - Oksidasi : reaksi pengikatan (penggabungan) oksigen oleh suatu zat.
 b. - Reduksi : reaksi pengikatan elektron.
 - Oksidasi : reaksi pelepasan elektron.
 c. - Reduksi : reaksi penurunan bilangan oksidasi.
 - Oksidasi : reaksi pertambahan bilangan oksidasi.
13. a. 1) $Fe(NO_3)_2$: besi(II) nitrat
 2) N_2O_5: nitrogen(V) oksida
 b. 1) Natrium fosfat: Na_3PO_4
 2) Aluminium sulfat: $Al_2(SO_4)_3$

Bab 5 Hidrokarbon

I. Pilihan Ganda

1. E	11. D	21. A
3. D	13. E	23. A
5. D	15. E	25. C
7. A	17. E	
9. E	19. C	

II. Uraian

1. Friederich Wohler berhasil menyintesis senyawa organik urea (yang biasa dihasilkan dari urine makhluk hidup) dengan menggunakan zat anorganik, yaitu mereaksikan perak sianat dengan amonium klorida membentuk amonium sianat
 $AgOCN + NH_4Cl \longrightarrow NH_4OCN + AgCl$

Penguapan dengan pemanasan yang lama

$NH_4OCN \xrightarrow{\Delta} (NH_4)_2CO$

urea

3. Cara: bahan + CuO $\longrightarrow$ $CO_2 + H_2O$

Uji adanya CO_2

$CO_2(g) + Ca(OH)_2(aq) \longrightarrow CaCO_3(s) + H_2O(l)$

air kapur

Uji adanya H_2O

$H_2O(l)$ + kertas kobalt biru $\longrightarrow$ kertas kobalt merah muda

Keberadaan O_2 tidak ditunjuk secara khusus, tetapi dilakukan dengan cara mencari selisih massa sampel dengan jumlah massa karbon + hidrogen + unsur lain.

7. - $CaC_2(s) + 2\ H_2O(l) \longrightarrow Ca(OH)_2(s) + C_2H_2(g)$
 - untuk ngelas

9. Alkuna, paling sedikit terdapat satu ikatan rangkap 3 pada atom karbonnya.
 Alkadiena, terdapat ikatan rangkap 2 selang-seling dengan ikatan tunggal
 – C = C – C = C – C = C –

Bab 6 Minyak Bumi dan Gas Alam

I. Pilihan Ganda

1. E
3. C
9. C
13. C
15. C
17. D
19. E

II. Uraian

1. TEL dilarang karena menghasilkan polutan logam timbal yang berbahaya bagi kesehatan. Alternatif pengganti TEL adalah MTBE (metil tersier butil eter).
3. Pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna akan menghasilkan gas CO, sedangkan pembakaran sempurna akan menghasilkan gas CO_2. Gas CO lebih berbahaya daripada gas CO_2 karena dapat berikatan dengan hemoglobin membentuk HbCO, yang ikatannya jauh lebih kuat daripada ikatan Hb dengan O_2, sehingga dapat mengganggu pernapasan.
5. Keberadaan CO_2 yang berlebihan di udara menghalangi sinar inframerah yang dipantulkan permukaan bumi, sehingga tidak bisa keluar dari atmosfer, yang mengakibatkan suhu permukaan bumi meningkat (pemanasan global).

Latihan Ulangan Umum Semester 2

1. D
3. B
5. C
7. A
9. E
11. D
13. D
15. D
17. B
19. C
25. A
27. E
29. C
31. B
33. C
35. C
37. D
39. C

Diunduh dari BSE.Mahoni.com

ISBN 978-979-068-179-8 (No. Jilid Lengkap)
ISBN 978-979-068-180-4

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2007 tanggal 25 Juli 2007 Tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran Yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk Digunakan Dalam Proses Pembelajaran.

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp13.356,-